

جامعة حلب
كلية الهندسة المدنية
قسم الهندسة المائية

أثر التدفقات الفيضانية على الجريان في أقنية التصريف المطري

بحث أعد لنيل درجة ماجستير في الهندسة المائية

إعداد
المهندسة: لمى بيدق

2009

جامعة حلب
كلية الهندسة المدنية
قسم الهندسة المائية



أثر التدفقات الفيضانية على الجريان في أقنية التصريف المطري

بحث أعد لنيل درجة ماجستير في الهندسة المائية

إعداد:
المهندسة: لمى بيدق

المشرف الدكـــتور
محمد أمين شغالة
أستاذ في قسم الهندسة المائية
من كلية الهندسة المدنية-جامعة حلب

المشرف المشارك الدكتورة
ندى التنجي
مدرسة في قسم الهندسة المائية
من كلية الهندسة المدنية-جامعة حلب

2009

الإهداء:

كانت أجمل مصادفة وأنا أحضر هذه الرسالة أن التقيتك لتهديني مرجعاً، فتصير بعد ذلك مرجعي في الحياة، وتدخل عالمي لتكون أجمل ما فيه

زوجي

إلى تالا عندما تكبرين، تالا ذات الأشهر الستة من العمر، وذات الوجه البريء الذي يحمل كل مباهج الحياة، تالا التي رافقتني وأنا أحضر الرسالة وكانت تعلم بالتفاصيل قبل قدومها للحياة.

ابنتي

جعلت في داخلي الطموح، زرعت حب المعارف، كنت مثالاً للأبوة الحنونـة الطموحـة المحبة

أبي

دوماً وأبداً غمرتني بحنانك، إنسانيتك، حكمتك، ذكاؤك، كنت دوماً الأم الأجمل

أمي

نجاحك كان يأخذني معه وكأنه نجاحي، وكنا معاً نمضي ودونك ما اكتمل المسير

أخي

حبك للحياة يبهجني، ينشر الفرح داخلي وحولي، كاسمك الذي ينشر الشذا

أختي

رقتك تجعلني معك، وهدوئك يأسرني، ويخبؤك داخلي

أختي

كلمة شكر:

إنني أتوجه بخالص الشكر والامتنان إلى الأستاذ الدكتور **محمد أمين شغالة**، الذي كان له الفضل في إنجاز هذا البحث و إخراجه على هذا النحو، و كان لتوجيهاتـه وملاحظاتـه فضل كبير علي.

لقد تركني أبحر في فضاءات المعرفة بحرية، وكلما شردت عن المسار غمرني بالحوار الهادئ وطول الأناة، والثقة التي جعلتني أتابع مسيرتي بتماسك أكثر.

وها إنني، إذ أصل إلى هنا، أفيض مودة ووفاء لأستاذي الفاضل الذي جعل حلمي حقيقة.

كما أتوجه بالشكر إلى الدكتورة ندى التنجي التي طالما أخذتني برحابة صدرها وهـدوئها وطالما شجعتني على متابعة المسير ولم تتوانى عن تقديم كل مساعدة.

شهادة

أشهد بأن العمل الموصوف في هذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة المهندسة لمى بيدق طالبة الماجستير في قسم الهندسة المائية في كلية الهندسة المدنية بجامعة حلب بإشراف الدكتور محمد أمين شغالة الأستاذ في جامعة حلب والدكتورة ندى التنجي المدرسة في جامعة حلب، وبأن أي مراجع ذكرت في هذا العمل موثقة في نص الرسالة.

المرشحة	المشرف المشارك	المشرف
المهندسة لمى بيدق	**الدكتورة ندى التنجي**	**الدكتور محمد أمين شغالة**
طالبة ماجستير في قسم الهندسة المائية	المدرسة في	أستاذ في
كلية الهندسة المدنية-جامعة حلب	كلية الهندسة المدنية-جامعة حلب	كلية الهندسة المدنية-جامعة حلب

تصريح

أصرح بأن هذا البحث بعنوان :

"**أثر التدفقات الفيضانية على الجريان في أقنية التصريف المطري**"

لم يسبق من قبل لأي شهادة ولا هو مقدم حالياً للحصول على شهادة أخرى.

المرشحة	المشرف المشارك	المشرف
المهندسة لمى بيدق	**الدكتورة ندى التنجي**	**الدكتور محمد أمين شغالة**
طالبة ماجستير في قسم الهندسة المائية	المدرسة في	أستاذ في
كلية الهندسة المدنية-جامعة حلب	كلية الهندسة المدنية-جامعة حلب	كلية الهندسة المدنية-جامعة حلب

دراسة أعدت لنيل شهادة الدراسات العليا (الماجستير)

في قسم الهندسة المائية

تحت عنوان

"أثر التدفقات الفيضانية على الجريان في أقنية التصريف المطري"

لجنة الحكم :

الدكتور **محمد أمين شغالة** كلية الهندسة المدنية-جامعة حلب

الدكتور **عز الدين الحسن** كلية الهندسة المدنية-جامعة تشرين

الدكتور **حسين عرب** كلية الهندسة المدنية-جامعة حلب

نوقشت الرسالة وأجيزت في يوم الاثنين 12 تشرين الأول 2009 في قاعة المحاضرات والمؤتمرات في كلية الهندسة المدنية.

الإهداء:

الموضوع	رقم الصفحة

قائمة الجداول | الصفحة

قائمة الأشكال | الصفحة

المجرى الرئيسي

الملخص

يتطلب تصميم منشأة مائية (سيفون، عبارة ....الخ)، عادة، على مجـرى مـائي قياس قيمتي تدفق الجريان وعمقه في مكان تصميم المنشاة. إلا أن هـذه القياسـات فـي المواقع المطلوبة للتصميم لا تتوفر غالباً ، وخاصة فـي المجـاري المائيـة المعرضـة لاستقبال مياه الفيضانات.وبالنظر إلى أن الموجة الفيضانية التي تتشكل في مجرى مـائي تتخامد تدريجياً بسبب انخفاض قيمتي تدفق الذروة والعمق إلى أن تتلاشـى بعـد مسـافة معينة. فإن ثمة ضرورة تنشأ لدراسة حركة الموجة الفيضانية على امتداد هذا المجرى ، وخصوصاً في مكان التقائه مع مجرى فرعي. والغرض مـن ذلـك تحديـد مواصـفات الجريان ضمن مقاطع محددة على طول المجرى لاتخاذ الاحتياطات والإجراءات اللازمة من جهة وللتقليل من التكاليف الاقتصادية من جهة ثانية.

تخضع حركة الموجة الفيضانية، كما هو معلوم، لشروط الجريان غير الدائم، وعليه فقد استند البحث إلى استخدام طريقة الفروقات المحدودة في حل معادلات الجريان.

يدرس البحث حركة الموجة الفيضانية في مجرى رئيسي تصب فيـه مجـاري فرعية (روافد)، وكذا دراسة مدى التغيرات الحاصلة في التدفقات و الأعماق بـدءاً مـن نقطة التقاء المجرى الرئيسي مع المجرى الفرعي وما يتلو هذه النقطـة اعتمـاداً علـى مخطط مائي معلوم (هيدروغراف) في بداية كل من المجرى الرئيسي والفرعي.

تم تطبيق الدراسة على شبكة مصارف مكشوفة (ضمن منظومة الـري ML-2) في مشروع سهول حلب الجنوبية الواقع شمال الجمهورية العربية السورية.

الفصل الأول

المقدمة

يتحرى البحث في طبيعة الموجة الفيضانية التي تنشأ من جراء عاصفة مطرية أو فتح مباغت لبوابات مفيض أو انسكاب الماء بانحدار شديد ....الخ، وذلك في قناة مكشوفة مخصصة لهذه المهمة. وقبل أن نغوص في البحث لنستعرض أنواع الجريان في الأقنية المكشوفة .....

حالات الجريان في الأقنية المكشوفة: تتبع حالات الجريان في الأقنية المكشوفة لعوامل كثيرة ويشكل عامل تغير السرعة المعيار الأهم لتصنيف الجريان إلى :

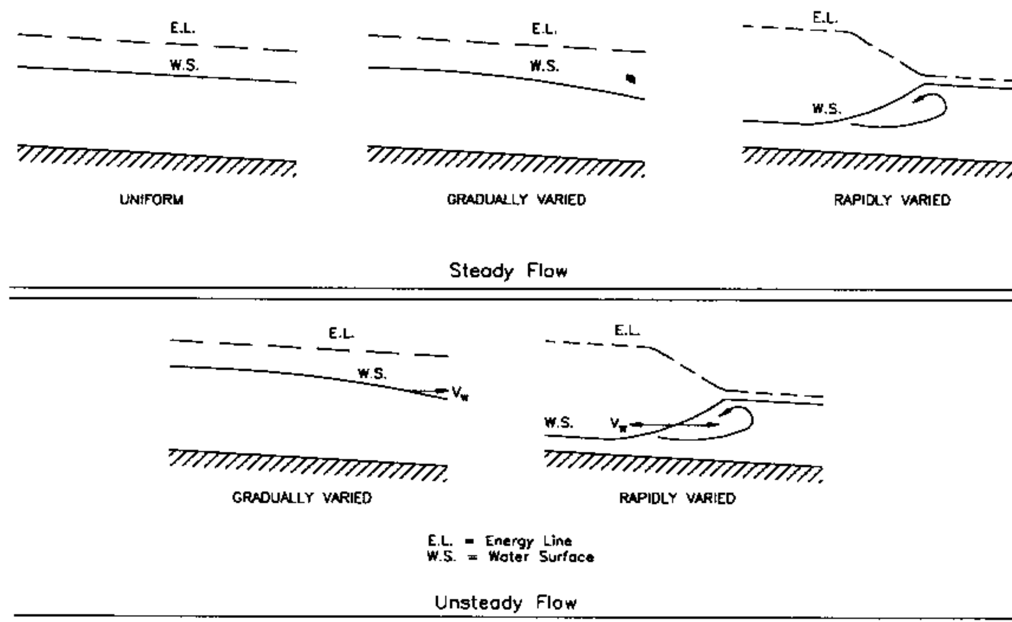
١- الجريان الدائم (المستقر) Steady Flow: لا يوجد في هذا النوع من الجريان تأثير للزمن في السرعة أي أن السرعة في موقع محدد تبقى ثابتة مع الزمن.

٢- الجريان غير الدائم (غير المستقر) Unsteady Flow: ويحدث عندما تتغير السرعة في موقع محدد مع الزمن.

٣- الجريان المنتظم : نادراً ما يحدث هذا النوع من الجريان في المجاري الطبيعية حيث أنه ينص على أن السرعة والعمق والتدفق جميعها تبقى ثابتة على طول القناة وبذلك فإن خط تدارج الحمولة وسطح الماء وقاع القناة تكون متوازية ويحدث هذا الجريان في حالة الجريان الدائم فقط.

٤- الجريان غير المنتظم : يكون الجريان في الأقنية الطبيعية، غالباً، جرياناً غير منتظم حيث أنه يتغير مع المسافة وقد يكون دائماً أو غير دائم. الجريان الدائم غير المنتظم هو الجريان الذي يتغير مع المسافة فقط، وهو إما أن يتغير تدريجياً وذلك في حال كان الجريان بجوار سد أو عائق ما، أو أن يتغير بشكل مفاجئ كما في حالة القفزة المائية والسقوط. أما الجريان **غير الدائم غير المنتظم** فهو الجريان الذي يتغير مع المسافة والزمن إما تغيراً مفاجئاً كما في حالة التشغيل السريع لبوابات التحكم أو من جراء حدوث الأمواج الناتجة عن انهيار السدود، **أو تغيراً تدريجياً كما هو الحال في جريان الأمواج الفيضانية في الأنهار والأقنية المكشوفة وهو ما يهمنا في هذه الدراسة (الشكل1-1).**

وبالاستناد إلى ما سبق نجد أن حركة أمواج الفيضان هي جريان غير دائم غير منتظم متغير تدريجياً إذ أن التدفق والعمق يتغيران تدريجياً مع المسافة والـزمن علـى طـول القناة. يبين الشكل اللاحق أنواع الجريان في الأقنية المكشوفة.



الشكل (1-1) أنواع الجريان في الأقنية المكشوفة

تتألف منظومة التصريف المطري في معظم مشاريع الري من شـبكة مكونـة مـن مجموعة من الأقنية المكشوفة المرتبطة مع بعضها البعض؛ حيث تقوم بتجميع مياه السيل السطحي الناتجة عن الأمطار في أقنية فرعية ومن ثم تقودها إلى المجمع الرئيسي الـذي يقود المياه بدوره إلى خارج منطقة المشروع. إن حدوث أي زيادة في التدفق فـي أحـد المصارف سوف يؤثر في شروط الجريان فيه وكذلك على شروط الجريان في المجمع في مكان التقاء المصرف مع المجمع وفي المناطق الواقعة خلف نقطة الالتقاء.

في العقود الأخيرة كان هناك اهتمام بدراسة حركة الأمواج الفيضانية في مختلف بلدان العالم من أجل درء أخطار الفيضانات، ولذلك أجريت العديد من التجارب بغية التوصـل إلى نموذج رياضي من أجل تحديد شروط الجريان في المجرى الرئيسي عند وجود فروع مرتبطة معه وتم الاعتماد على علاقات الجريان المتغير من أجل وضع نمـاذج رقميـة لتحديد المخطط المائي للموجة الفيضانية وتغيراته على طول المجرى. لم تأخـذ معظـم الأبحاث السابقة في الاعتبار تأثير كمية الحركة للتدفقات الفرعيـة مكـان التقائهـا مـع

المجرى الرئيسي، ولذلك سوف يتركز اهتمامنا في هذا البحث على عملية تراكب موجات الفيضان وتداخلها بين المجرى الفرعي والمجرى الرئيسي إضافة لدراسة حركة الموجـة الفيضانية على طول المجرى.

في الواقع العملي يتم تصميم المصارف الفرعية من أجل تدفق ثابت باحتمـال معـين وبفرض أن الجريان فيها ينطبق عليه شروط الجريان المنتظم، وبالتالي يتم حساب أبعـاد المقطع والميل الطولي باستخدام علاقة الجريان المنتظم بسطح حـر، والعلاقـة الأكثـر استخداماً هي علاقة ماننغ. كذلك الحال بالنسبة للمجمعات الرئيسية حيث تصمم بشـروط الجريان المنتظم ويتم حساب تدفقات أجزاء المجرى الرئيسي على امتداد المقطع الطولاني بالاستناد إلى تجميع التدفقات الواردة إليه من المصارف.

١-١-الدراسة المرجعية:

قام LiuوCheng 1996،Lan وWang 1997،Bo Lan بدراسة مشكلة الأمواج الفيضانية من خلال سلسلة من التجارب.

كما طورRuiوFeng 1990،Lui وZeng 1996 نماذج رياضية لنمذجة حالة الجريان فـي مجرى رئيسي مع وجود تدفق فرعي.

قام Fan Ping وLin Qingquan وLi Jiachung بدراسة التأثيرات المتبادلة بـين المجـرى الرئيسي والفروع مع اعتبار تأثير كمية الحركة القادمة من التدفق الفرعي.درس كل مـن Remando وKisking حركة الموجة الديناميكية لقناة ذات مقطع مستطيل وذلك باسـتخدام نموذج رياضي مطور عن طريق تطوير معادلة الحركة ودون وجود روافد ،

تم في هذا البحث بتطوير هذه الطريقة المعتمدة من قبـل Remando وKisking بتطبيقهـا على مجرى مائي لمقطع شبه منحرف مع وجود تأثير للروافد كما تم كتابة برنامج لدراسة أثر التدفقات الفيضانية على الجريان في أقنية التصريف المطري بواسطة بلغـة Visual Basic.

تم في هذا البرنامج استخدام علاقات الاستمرار وكمية الحركة لدراسـة تطـور الموجـة الفيضانية وتغير عناصرها في مقاطع الجريان ضمن المجرى وتدخل الموجة القادمة مـن المجرى الفرعي مع الموجة القادمة من المجرى الرئيسي. وتعطى نتائج الحسـابات فـي البرنامج على شكل جداول تفصيلية ونهائية ومنحنيات بيانية توضح هذه النتائج.

الفصل الثاني

التدفقات الفيضانية

٢-١- أسباب تشكل الأمواج الفيضانية:

تتشكل أمواج الفيضان نتيجة للعواصف المطرية الهاطلة على الحوض الساكب التابع لمجرى مائي ما مما يؤدي إلى تشكل الجريان غير الدائم في هذا المجرى. تنشأ مسـائل الجريان غير الدائم في الهندسة المائية في الكثير من التطبيقات على سبيل المثال الأمواج التي تتشكل في أقنية الري عن طريق تشغيل البوابات أو في أقنية توريد المياه للمحطات الكهرمائية عن طريق تشغيل العنفة أو الأمواج الفيضانية الطبيعية الناتجة عن العواصـف المطرية بالإضافة إلى الأمواج الكبيرة الناتجة عن انهيار السدود في الأنهار.

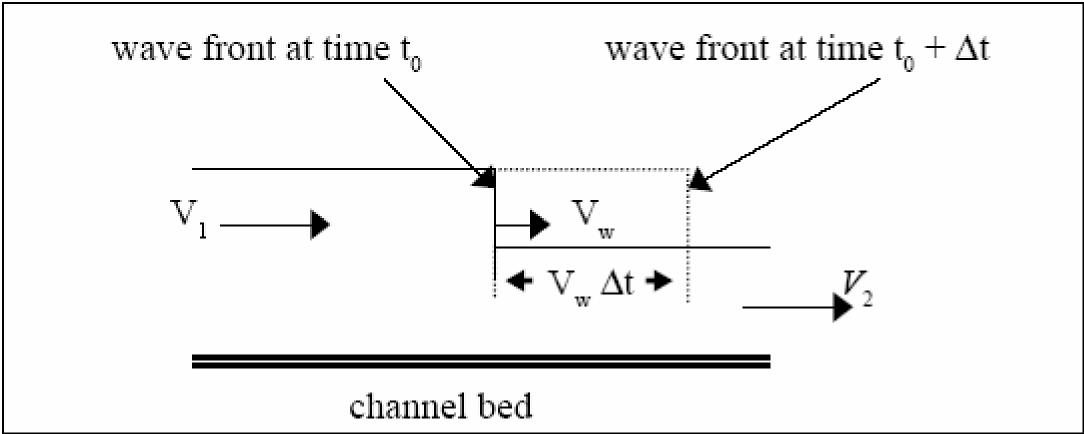
تسمى أنواع الأمواج المدروسة، الناشئة عن تلك الحالات، أمواجاً انتقالية. وذلك بسبب استمرارية الحركة على طول مسار القناة. وبهذا فإنها تشكل مفهومـاً مغـايراً لمفهـوم الأمواج المحيطية الدورانية التي لم تؤخذ بالاعتبار في هذا البحث. بالإضافة لذلك فقد تـم دراسة الأمواج في المياه قليلة العمق، لأن حركة الماء هنا تكون على كامل العمق وبهـذا يمكن إهمال المركبة الشاقولية لكل من السرعة والتسارع، مما يسمح باستخدام علاقـات الجريان وحيد البعد.

إن الهدف من حل معادلات الجريان في كل مسائل الأمواج المدروسة (المشـار إليهـا كمعادلات مسار موجات الفيضان) يكمن في توصيف كل من عمـق وسـرعة الجريـان كتوابع للمسافة والزمن. بمعنى آخر ،يهدف حلمعادلات الجريان إلى معرفة الشكل المكاني وتطور عناصر الموجة الفيضانية ضمن مسار المجرى المائي.

٢-٢- توصيف حركة الموجة الفيضانية وشكلها:

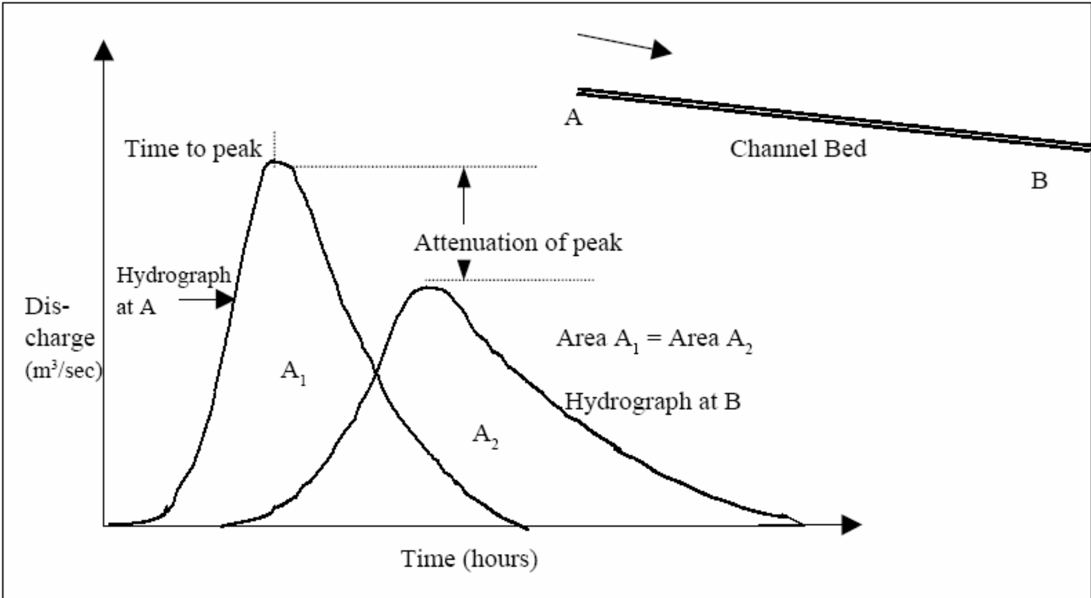
ينتقل الفيضان على طول المجرى المائي بشكل موجة مع عمق وسرعة تتغيران مـع المسافة والزمن. لنتصور اجتياز موجة فيضنية لمجرى مائي تسيطر فيه شروط الجريان المنتظم. عند عبور موجة الفيضان مقطع ما تتغير في هذا المقطـع السـرعة والتـدفق والعمق. سيتركز اهتمامنا في البحث على دراسة تلك التغيرات التي تطرأ علـى العمـق والتدفق مع المساحة وعلى طول المجرى. نبين في الشكل (2-1) انتقال الموجـة ضـمن مسافة صغيرة من المجرى المحدودة بالمقطعين 1,2حيث تتوازى المواقع المتعاقبة لمقدمة

الموجة عند أزمنة مختلفة. تتحرك مقدمة الموجة بسرعة انتقال الموجة V_w التي هي أكبر من سرعة الجريان الوسطية V_1، V_2 الموافقتين للجريان المنتظم في المقطعين المحـددين لدخول وخروج الموجة ضمن المسافة المدروسة في الجريان المنتظم أعلى التيار الـداخل وأسفل التيار الخارج للموجة. من الممكن التعبير عن سرعة انتقال الموجـة V_w بدلالـة السرع V_1، V_2 من معرفة مساحة المقطعين العرضيين للتيار العلوي الداخل والتيار السفلي الخارج لمقدمة الموجة.



الشكل (2-1) انتقال الموجة ضمن مقطع صغير من المجرى

عملياً، يتغير كل من عمق وتدفق مقدمة الموجة مع الزمن، بالتالي تمثل موجة الفيضان بهيدروغراف (مخطط يوضح تغيرات التدفق أو عمق الجريان مع الزمن) كما هو موضح في الشكل (2-2)، وفي هذه الحالة يختلف تدفق الذروة، للموجة عند انتقالها من مقطع لآخر، ولا يبقى ثابتاً. وسنهتم بدراسة التدفق وعمق الجريان عند موقع محدد من طول المجرى وفي زمن محدد، من خلال معرفة هيدروغراف موجة الفيضان عند التيار العلوي الداخل إلى المجرى. تسمى حسابات حركة موجة الفيضان على طول القناة مع الزمن والمسافة بـ"مسار الفيضان أو تخامد موجات الفيضان". وقد تبلغ مسافة انتقال أمواج الفيضان عدة كيلومترات.



الشكل (2-2) هيدروغراف الفيضان

يمكن التعبير عن حركة التدفقات الفيضانية بمعادلات رياضية من أجل التنبؤ بالتغيرات المسيطرة على التدفقات والأعماق وتغيرات سرعة الموجة.

عند اختيار موقع ما وأخذ قياسات للتدفقات والمناسيب للماء ثم رسم مخطط بياني يربط هذه القيم مع الزمن فإننا نحصل على الهيدروغراف عند هذا الموقع. وإذا تم اختيار موقع آخر يبتعد مسافة معينة من الموقع الأول وأخذنا قياسات مرة ثانية للتدفقات ومناسيب الماء فإننا نحصل على مخطط مائي جديد مختلف عن المخطط المائي الأول، ويكون المخطـط المائي الجديد أكثر تسطحاً وأكثر تطاولاً، مبيناً أن تدفق الذروة أقل، ومدة الفيضان أطول، ولكن كمية الماء المارة هي نفسها في كلا الموقعين اعتماداً على مبدأ الاستمرارية.

ويكون سلوك الموجة إما ديناميكياً أو حركياً. فهي ذات سلوك ديناميكي (متشـتت) إذا تحققت المتراجحة وفي هذه الحالة تكون حدود العطالة مهملة

$$T_r S_0 (\frac{g}{y}) \geq 15 \qquad (2.1)$$

حيث:

T_r : زمن حدوث تدفق الذروة في المخطط المائي الداخل بـ sec.

S_0 : ميل قاع المجرى.

g: تسارع الجاذبية الأرضية ويساوي $9.81\, m/\sec^2$.

y : عمق الجريان الوسطي بـ m.

بينما يكون سلوك الموجة حركياً عندما تتحقق المتراجحة التالية:

$$\frac{T_r S_0 V_0}{d_0} \geq 85 \qquad (2.2)$$

حيث:

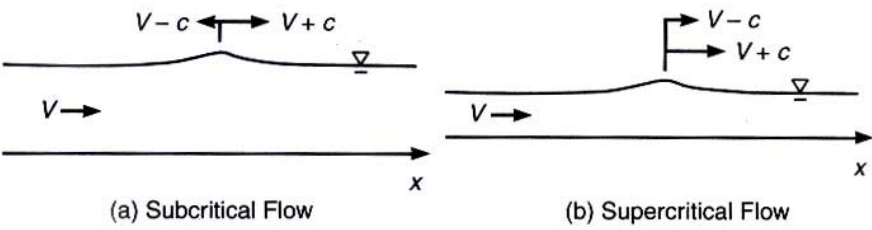
V_0: السرعة الوسطية للجريان بـ m/sec.

وفي هذه الحالة تسيطر قوى الجاذبية والاحتكاك بينما تكون قوى الضـغط والتسـارع مهملة وبذلك فإن كلمة حركي (كينماتي) تشير إلى أن دراسة الحركة تقتصر فقـط علـى تأثير الكتلة والقوة. وتحدث الأمواج الحركية غالباً فـي الأقنيـة شـديدة الانحـدار مـع مخططات مائية طويلة الزمن.

إن التعريف الذي يعطي توصيفاً أكثر شكلية للموجة الانتقالية هو الذي يصفها بحركـة مضطربة في الاتجاه الطولاني للمجرى وهي التي تعطي زيـادة فـي تغيـرات التـدفق والسرعة والعمق مع الزمن. فهي تتشكل مع سرعة مطلقة محددة بـ dx/dt والتي هـي مجموع السرعات الوسطية للماءv مع سرعة انتقال الموجة بالنسبة للماء المنتظـر(الـذي لاينتقل مع الموجة)، كما في الشكل (2.3)، بسرعة V في الاتجاه الموجب لـ x.وبسبب أن الموجة تستطيع أن تتحرك في كلا الاتجاهين الصاعد (عكس اتجاه الجريان) والهـابط (باتجاه الجريان) فإن سرعتها المطلقة تعطى بـ $|V \mp C|$ وسرعة انتقال موجة طويلة ذات سعة صغيرة تعطى بـ $(gy)^{1/2}$

التي تمثل فيها y العمق، ولذا فإن قيم dx/dt تعتمد على رقم فرودF الذي يعرف بـ V/C. فالجريان تحت الحرج يكون فيه V <C و1> F ويكون لـ (dx/dt) قيمتـان محتملتـان تعطيان بـ V +C في اتجاه التيار الهابط، وV-C في اتجاه التيار الصـاعد كمـا هـو موضح في الشكل (2.4a) ومن ناحية أخرى تكون سرعتا انتشار الموجة المحتملـة فـي الجريان فوق الحرج – أي V+C وV+C- كلتاهما في الاتجاه الهـابط للتيـار لأن V>C وF>1.

تكون الخاصة الفيزيائية لسرعتي انتشار الموجة الممكنتين خاصـة بمعـادلات تفاضـلية جزئية قطعية (على شكل قطع هندسي)، التي تمتلك خاصة رياضية لاتجـاهين مميـزين ممكنين.



الشكل (2-3) تشكل موجة الفيضان في الجريانين دون الحرج وفوق الحرج

تتحرك موجة الفيضان من أعلى التيار إلى أسفل التيار. بصورة تقريبية، تقدر سـرعة موجة الفيضان من حساب ميل منحني تغير التدفق بدلالة العمق (من علاقة مـاننغ فـي الجريان المنتظم) ومن حساب طول سطح الماء في المقطع العرضي للمجرى المائي وذلك في الموقع الذي يراد عنده تقدير سرعة موجة الفيضان.

تبلغ سرعة انتقال الموجة $(1.7)V_w$ مرة من السرعة الوسطية للجريان بتطبيـق علاقـة ماننغ في القناة العريضة جداً. أي أن موجة الفيضان في الأنهار تتقدم بسرعة تقترب مـن حوالي ضعف السرعة الوسطية للجريان في النهر.

٢-٣- أهمية دراسة الأمواج الفيضانية:

إن الغرض من دراسة الفيضان في الأقنية المكشوفة هو:

- تحديد المخطط المائي عند أي مقطع من المجرى اعتماداً على مخطط مائي مرجعـي في بداية المجرى (الهيدروغراف الداخل) .

بهدف تحديد:

- أعماق الماء مع الزمن
- التدفقات مع الزمن

- معرفة مقدار التخامد (الانخفاض) في تدفق الذروة وزمن التأخر.

يهدف البحث إلى دراسة حركة موجة فيضانية ضمن مجرى رئيسي تصب فيه مجارٍ فرعية. وكذا دراسة مدى التغيرات الحاصلة في التدفقات والأعماق عنـد نقطـة التقـاء المجرى الفرعي مع المجرى الرئيسي وخلف هذه النقطة اعتماداً على مخطط مائي معلوم في بداية كل من المجرى الرئيسي والفرعي.

تكمن أهمية البحث في تحديد مواصفات الجريان في مجـرى مـائي مكشـوف نتيجة انتقال الموجة الفيضانية على طول المجرى، وبخاصة مكان التقائه مع المجـرى الفرعي وبالتالي مساعدة المهندس المصمم في تصميم المنشآت المائية على المجـرى

مع وجود مجرى فرعي مرتبط معه واتخاذ التـدابير الاقتصـادية الضـرورية ، لـدرء الفيضانات، وعدم الاعتماد في التصميم فقط على تدفق الذروة للموجة الداخلة.

٢-٤- كيفية التقليل من أخطار الفيضانات وتحاشيها:

إن التخلص من أخطار الفيضانات والعمل على تفاديها يمكن أن يلخص فـي ثـلاث طرق مختلفة وهي :

١- إنشاء أعمال ومنشآت حماية من الفيضانات.

٢- عن طريق خفض منسوب الفيضان وبدون تغيير جوهري في تدفق الذروة.

٣- عن طريق تخفيض التدفق الفيضاني وذلك بواسطة التخزين أو تغيير طبيعة استخدام الأرض أو بأي أسلوب مشابه آخر.

وجدير بالذكر أن الطريقتين الأولى والثانية لا تخفضان معدل الجريان السـطحي أو الجريان بشكل عام ولكن تعملان على الحماية من الفيضان، وكـذلك لا تمنعـان تعريـة التربة.

وإذا سأل سائل: أي من الطرق الثلاث السابقة منفردة أو مجتمعة بشـكل ثنـائي يمكـن استخدامها في التخفيف من حدة الفيضان في حوض صرف ما أو منطقة؟ فإنه لا يمكـن الإجابة على هذا السؤال إلا بعد الدراسة الواعية والحذرة للكل، مع الأخذ في الاعتبار كل الاحتمالات الممكنة حيث أن إحدى الطرق يمكن أن تستخدم في إحدى الحالات و تبـرهن على أنها هي الأنسب لهذا الغرض، والأقل كلفة يمكن ألا تجدي أو تؤثر في التخفيف من حدة الفيضان والتقليل والحد من أضراره في حالة وموقع آخر.

أعمال ومنشآت الحماية من الفيضانات:

يمكن أن تكون أعمال الحماية عبارة عن جدران أو حواجز تبنى على طول جوانب وشواطئ النهر، وإذ بواسطتها يمكن حماية السكان والمنشآت المقامة على امتداد النهـر، وتؤدي هذه الحوائط أو الحواجز إلى حماية محلية في القطاع التي تشيد عليـه، ويكـون الهدف الرئيسي لهذه الحوائط هو حصر المياه في المجرى الرئيسـي والطبيعـي للنهـر، وتؤدي عادة هذه الحواجز أو الجدران إلى رفع منسوب المياه في المناطق الموجودة فـي أعالي النهر أو المجرى وذلك بسبب الماء المرتد (Back water) وكذلك في بعض النقـاط أسفل النهر أو المجرى وذلك بسبب زيادة الصرف الناتج عن خفض المخزون، وبـالرغم من أن هذه الطريقة تقدم حماية مرضية ضد الفيضانات العادية إلا أنها تحمل في طياتهـا

أخطاراً كبيرة حيث يسود شعور أن الحائط الخاص بالحماية كافٍ ويتناسى الناس ويقومون ببناء المنشآت والمنازل في مستويات أقل انخفاضاً كانت محظورة فيما قبل بناء حائط الحماية وتكون هذه المنشآت معرضة لخطر الغمر والفيضان إذا زاد وارتفع منسوب مياه النهر أو الوادي فوق حائط الحماية.

خفض المنسوب :

يمكن التقليل من خطر الفيضانات عن طريق خفض منسوب الماء في المجرى ويمكن أن يتم ذلك بواسطة إحدى الطرق التالية :

١- تعميق مجرى النهر أو الوادي وجعله مستقيماً: بما أن معدل التدفق في المجرى يساوي السرعة مضروبة بمساحة المقطع العرضي للمجرى، فإننا نجد أنه من أجل تدفق معين إذا زادت قيمة السرعة فإن مساحة المقطع العرضي تقل وبالتالي ينخفض المنسوب، إن حدود تأثير هذه الطريقة والإفادة منها يعتمد على الظروف المبدئية أو الأولية للمجرى.

٢- إنشاء مجرى احتياطي وإضافي : وذلك لتفادي مراكز الخطر حيث إنه من المعروف أن المدن الكبرى عادة تكون واقعة على ضفاف الأنهار أو أي مسطحات مائية أخرى، وعليه وبسبب التعدي على المجرى بواسطة الجسور والمباني والإنشاءات الأخرى تنشأ مناطق ضيقة، وبما أن عملية توسيع مجرى النهر تكون مكلفة وعليه تأتي فكرة إنشاء مجرى احتياطي وإضافي للمجرى الرئيسي، وممكن أن يكون هذا المجرى ذا كلفة معقولة وذلك لحماية المدن المشيدة على ضفاف هذه الأنهار.

خفض أقصى معدل للتدفق خلال النهر أو المجرى المائي :

يمكن تخفيض أقصى معدل للتدفق عن طريق إحدى الطرق التالية :

١- تخزين مؤقت لجزء من الجريان السطحي حتى تعبر قمة وذروة الفيضان

٢- تخفيض كميات الجريان السطحي، وذلك عن طريق تغيير استخدامات الأرض التي تسبب زيادة طاقة الرشح. ويمكن لأي من هذه الطرق أن تعطي نتائج جيدة في خفض أقصى معدل للتدفق في نقاط أسفل النهر.

إن تخفيض المعدل الأعظمي للتدفق عن طريق التخزين يتم بواسطة طريقتين هما:

أ- إنشاء عدد كبير من خزانات صغيرة مستقلة تقع على روافد النهر، أو عن طريق إنشاء المصاطب التي تحجز الجريان السطحي لمدة طويلة وكافية لرشحها إلى داخل التربة.

ب- عن طريق إنشاء خزانات كبيرة في الوادي أسفل النهر. وبغض النظر عن حجم الخزان هناك نوعان من التخزين: هما تخزين متحكم فيه وتخزين غير متحكم فيه.

وفي حالة التخزين المتحكم فيه تكون هناك بوابات في الخزان تنظم خروج الماء بالطريقة المطلوبة. ويجب على المختصين تقييم الكمية أو الجزء من الفيضان التي يجب حجزها بعد اعتبار خطورة إمكانية امتلاء الخزان إلى طاقته القصوى قبل وصول قمة أو ذروة الفيضان إليه و في حالة وجود خزانات على الروافد تكون مشكلة توقيت فك حجز الماء المخزون ذات أهمية كبيرة جداً حيث يمكن أن يكون توقيت تسريح هذه المياه المخزونة ملازماً ومطابقاً لوصول ذروة الفيضان في أسفل النهر. ويتسبب ذلك في كوارث كبيرة.

أما في حالة التخزين غير المتحكم فيه نجد أنه ليس هناك تنظيم لمعدلات خروج الماء في الخزان، حيث يكون لهذه الخزانات عادة قناة مفيض، وتكون الفائدة هنا هي تعديل وتأخير تأثير التخزين أو المخزون فوق قمة قناة المفيض.

إن تأثير الأعداد الكبيرة من الخزانات الصغيرة في أعالي النهر لم يختبر على نطاق كبير بالرغم من الدعاية الكبيرة له من المدافعين عنه وحجتهم التأثير الكبير والكفؤ لهذه الخزانات في أغراض حفظ التربة ومنع الفيضانات مع العلم بأن تأثير هذه الخزانات في منع الفيضانات يخضع لتساؤلات عديدة ومشكوك فيها لاحتمال امتلاء هذه الخزانات الصغيرة كلياً أو جزئياً في وقت الأمطار التي يمكن أن تسبب الفيضان.

ومن ناحية أخرى نجد أن المصاطب إذا استخدمت وتم تصميمها بكفاءة تصبح أكثر تأثيراً في أغراض حفظ التربة ومنع الفيضانات، و في الواقع نجد أن المصاطب تكون خزانات تقييد حيث تمنع المياه من الجريان لفترة كافية لرشحها خلال التربة ويستلزم عادة وقت ليس بكبير لإتمام هذه العملية بحيث تصبح المصاطب فارغة وجاهزة لاستقبال المطر التالي وعليه تكون هذه المصاطب أسهمت في تخفيض التدفق الفيضاني ومنع التعرية للتربة وزيادة الماء الراشح الذي يغذي خزانات المياه الجوفية الموجودة في الوادي.

أما خزانات التخزين فقد كتب عن فوائدها الكثير ومن هذه الفوائد العديدة لهذه الخزانات مايلي:

١- التحكم في الفيضانات.

٢- إن مياه الفيضانات المخزونة يمكن استخدامها فيما بعد لأغراض عديدة منها:

أ- زيادة المياه في المجرى أو النهر لمساعدة عمليات الملاحة النهرية.

ب- لإنتاج الطاقة الكهربائية وتوليدها.

ت- لأغراض الري والزراعة

ث- لأغراض إمداد المدن بالمياه للشرب أو لأغراض أخرى.

إن الخزانات ذات السعة التخزينية الكبيرة تعتبر أحسن طريقة لمنع الفيضانات والحماية منها إلا أنه إن لم تكن طاقة التخزين لهذا الخزان كافية بشكل كبير وتتعدى حدود أكبر فيضان يمكن حدوثه على هذا النهر أو ذاك ففي هذه الحالة تكون جميع الفوائد الأخرى، لهذا الخزان ذات قيمة معدومة.

إن دراسة تخامد الموجة الفيضانية يدل على انخفاض تدفق الذروة للموجة الداخلة والعمق المقابل له بشكل تدريجي من بداية المجرى إلى نهايته، لذلك فإنه بعد إجراء هذه الدراسة يمكن تخفيض علو القناة مع تقدم الجريان مما يخفض كلفة الحفر والإكساء على طول مسار القناة مع وجود الأمان الكافي. أما التصميم لكامل المجرى على أساس تدفق الذروة الداخل فهو يشكل هدراً لا مبرر له.

الفصل الثالث

طرق حساب الفيضانات

٣-١- المعادلات الأساسية:

بالرغم من إمكانية اشتقاق معادلات، الحركة والاستمرار، الناظمة، بعدة طرق فإننا نطبق طريقة الحجم التحكمي على طول متناهي بالصغر Δx أي ينتهي إلى الطول الصفري وذلك للحصول على المعادلة التفاضلية النهائية ومع وجود الافتراضات التالية:

١- يكون توزع الضغط هيدروستاتيكياً وبالتالي يمكن إهمال المركبة الشاقولية للسرعة، ويكون العمق صغيراً بالمقارنة مع طول الموجة بحيث أن سرعة انتقال الموجة C تساوي $\sqrt{gy}$.

٢- ميل قاع القناة صغير بحيث أن المركبة $\cos^2\theta$ في قوى الضغط الهيدروستاتيكي تساوي الواحد، $\sin\theta = tg\theta$، S_0 تمثل ميل قاع القناة، حيث θ هي زاوية قاع المجرى مع الأفق.

٣- ميل قاع المجرى ثابت وبالتالي لا تتغير مناسيب القاع مع الزمن.

٤- يمكن أن يمثّل الجريان بجريان أحادي البعد باعتبار أن:

أ- سطح الماء أفقي عند أي مقطع عرضي ولذلك فإن مركبات السرعة في الاتجاه العرضي تكون مهملة .

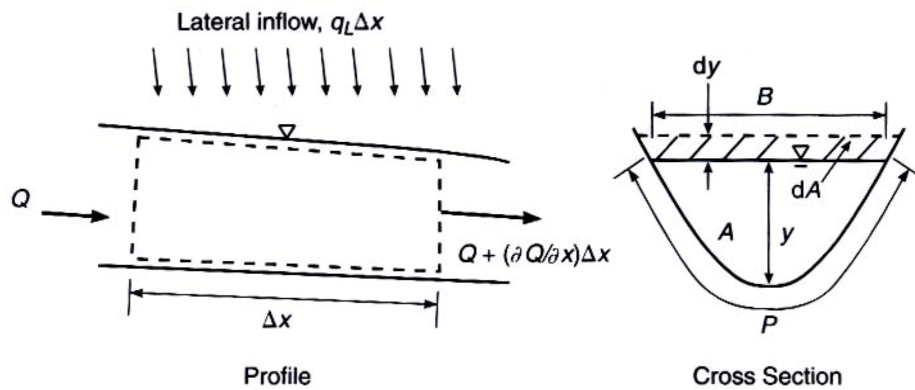
ب- إجهاد القص الحدودي المتوسط يمكن أن يطبق على كامل المقطع العرضي .

٥- تكون مقاومة القاع للاحتكاك هي نفسها في الجريان غير الدائم كما في الجريان الدائم ، بحيث أن معادلتي شيزي ومانغ يمكن استخدامهما لحساب قيمة إجهاد القص الحدودي المتوسطة.

٦- يكون الجريان متجانساً وغير قابل للانضغاط .

٣-١-١- معادلة الاستمرار:

لاشتقاق معادلة الاستمرار نعتبر الحجم المائي في جزء من المجرى بطول Δx حيث المقطع المائي A وعمق الماء y كما هو موضح بالشكل (3-1).



الشكل (3-1) الحجم التحكمي المستخدم في اشتقاق معادلة الاستمرار

إن المعادلة الأساسية لمعادلة الاستمرار من أجل جريان مائع غير قابل للانضغاط خلال حجم تحكمي هي:

التدفق الخارج الصافي= - التغير في التخزين خلال مجال زمني Δt

ويمكن أن نعبر عن ذلك بالعلاقات على النحو التالي:

$$\frac{\partial Q}{\partial x}\Delta x\Delta t - q_l\Delta x\Delta t = -\Delta x\frac{\partial A}{\partial t}\Delta t \qquad (3.1)$$

حيث:

q_l : معدل التدفق الجانبي الداخل بواحدة الطول من المجرى.

A: مساحة المقطع المائي.

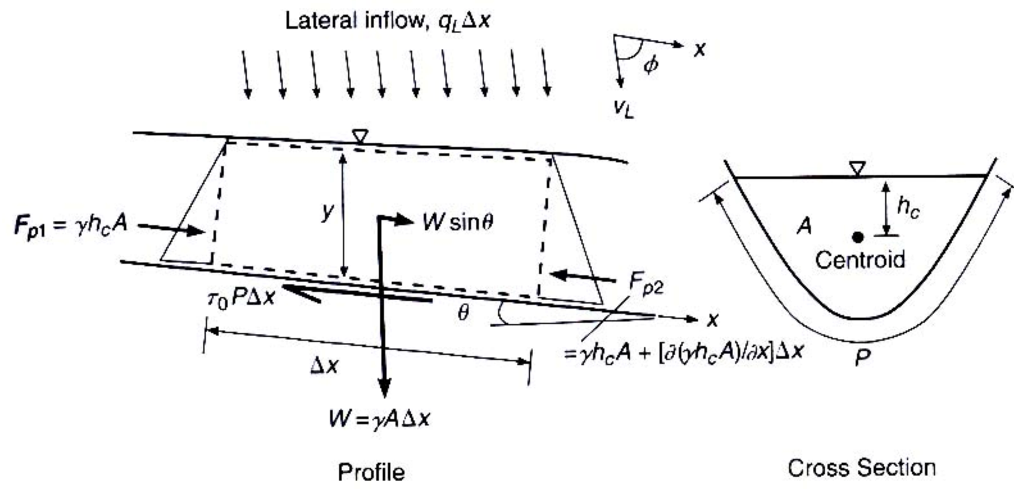
وبالتقسيم على $\Delta x.\Delta t$ وباعتبار أن كلاً من طول الحجم التحكمي والمجال الزمني ينتهيان إلى الصفر فإن معادلة الاستمرار تصبح:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q_l \qquad (3.2)$$

باعتبارB عرض سطح الماء الحر في المجرى للقناة وبتعويض $\partial A = B\partial y$ حسب الشكل (3.1)، تصبح معادلة الاستمرار بالشكل:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B\frac{\partial y}{\partial t} = q_l \qquad (3.3)$$

٣-١-٢-معادلة كمية الحركة:



الشكل (3-2) الحجم التحكمي المستخدم في اشتقاق معادلة كمية الحركة

بالاعتماد على الشكل (3.2)، يمكن استنتاج معادلة كمية الحركة من القوى المؤثرة في الحجم التحكمي كما هو مبين. نلاحظ أن الحجم المائي المدروس يتعرض للقوى التالية:

- قوى ضغط الماء الهيدروستاتيكي Fp_1, Fp_2
- الوزن الذاتي Wالجاذبية
- قوى الاحتكاك بفعل إجهاد القص على المحيط المبلول وضمن الطول Δx

إن توازن هذه القوى يعطي معادلة الحركة التي تكتب على النحو التالي:

$$Fp_x + Fg_x - Fs_x = \frac{\partial}{\partial t}\left[\int_A \rho V_x \partial A\right]\Delta x + \frac{\partial}{\partial x}\left[\int_A \rho V_x{}^2 \partial A\right]\Delta x - \rho q_l \Delta x V_l \cos\phi \qquad (3.4)$$

حيث:

Fp_x : مركبة قوة الضغط في الاتجاه x.

Fg_x : مركبة الوزن الذاتي في الاتجاه x.

Fs_x : مركبة قوة القص في الاتجاه x.

V_x: سرعة نقطة في الاتجاه x.

q_l : التدفق الداخل الجانبي بواحدة الطول في اتجاه الجريان.

V_1: سرعة التدفق الداخل الجانبي المائل بزاوية ϕ مع الاتجاه x.

يمكن تطوير التعابير من أجل كل حد من حدود القوى، فبفرض أن تـوزع الضـغط هيدروستاتيكي، تكون قوة الضغط مساوية إلى:

$$Fp_x = Fp_1 - Fp_2$$

وتعطى بالعلاقة:

$$Fp_x = -\frac{\partial}{\partial x}(\gamma h_c A)\Delta x = -\gamma A \frac{\partial y}{\partial x}\Delta x \tag{3.5}$$

h_C: المسافة الرأسية من السطح الحر إلى مركز مساحة المقطع العرضي للجريان.

A: مساحة المقطع العرضي الذي تؤثر فيه القوة.

$$Ahc = \int_0^{y(x)} [y(x) - \eta] b(\eta) d\eta \tag{3.6}$$

التي تمثل اللحظة الأولى للمساحة حول السطح الحر b=العـرض المكـاني للمقطـع العرضي عند ارتفاع η من قاع المجرى. نلاحظ أن توزع قوة الضغط الناشئة عن تغير في مساحة المقطع العرضي الناتج عن توسع القناة اللاموشورية أو تقلصها. يوازن تماماً عن طريق مركبة قوة الضغط على ضفاف المجرى في اتجاه الجريان. بالنتيجة يتجاهـل حساب قيمة المشتق المبين في أقصى الطرف الأيمن للمعادلة (3.6) التغير فـي عـرض المجرى مع x.

نعبر عن الوزن الذاتي في الاتجاه x بـ:

$$Fg_x = \gamma A \Delta x S_0 \tag{3.7}$$

حيث S_0= ميل القاع = $tg\theta$ الذي استخدم ليقارب $\sin\theta$ من أجل قيم صغيرة للميل .

أخيراً، قوة القص الحدودية في الاتجاهx يمكن أن نعبر عنها:

$$Fs_x = \tau_0 p \Delta x \tag{3.8}$$

حيث τ_0 إجهاد القص الحدودي الوسطي؛ P: المحيط المبلول.

يمكن أن يكتب التدفق الصافي الخارج من الحجم التحكمي بالعلاقة التالية:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[\int_A \rho V_x^2 \partial A\right]\Delta x = \frac{\partial}{\partial x}\left[\beta \rho V^2 A\right]\Delta x \tag{3.9}$$

حيث: β : عامل تصحيح تدفق الحركة، V سرعة المقطع العرضي الوسطي .

بالتالي يصبح معدل تغير الزمن للحركة داخل الحجم التحكمي من أجل السائل غير القابل للانضغاط بالشكل:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left[\int_A \rho V_x \partial A\right]\Delta x = \rho \frac{\partial}{\partial t}[VA]\Delta x \tag{3.10}$$

بتعويض المعادلات من (3.5) إلى (3.9) في المعادلة (3.4) وبالتقسيم على $\rho\Delta x$ وبجعل Δx تؤول إلى الصفر ينتج:

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(\beta\frac{Q^2}{A})+\frac{\partial}{\partial x}(\gamma hcA)=gA(S_0-S_f)+q_lV_l\cos\phi \qquad (3.11)$$

حيث:

S_f : ميل (تدارج) الاحتكاك= $\tau_0/(\gamma R)$

Q=VA

R: نصف القطر الهيدروليكي=A/P

q_l:التدفق الداخل الطرفي في واحدة الطول مع السرعة، V_1 ، وعند الزاوية ϕ مع الاتجاه x.

تأتي الحدود في الجانب الأيسر من المعادلة (3.11) من:

١- معدل تغير كمية الحركة داخل الحجم التحكمي.

٢- تدفق الحركة الصافي الخارج من الحجم التحكمي.

٣- قوة الضغط الصافية في الاتجاه x.

في الجانب الأيمن لدينا :

(١) قوة الجاذبية، (٢) قوة القص الحدودية، (٣) كمية الحركة للتدفق الجانبي الداخل وجميعها في الاتجاه x.

يصف حد التسارع المحلي، في معادلة الحركة، التغير في كمية الحركة نتيجة التغير في السرعة مع الزمن، بينما يصف حد التسارع الناقل التغير في الحركة نتيجة التغير في السرعة على طول المجرى. تشير قوة الضغط إلى القوة المتناسبة مع التغير في عمق الماء على طول المجرى، وتشير قوة الجاذبية إلى القوة المتناسبة مع ميل القاع، ويشير الوزن الذاتي إلى القوة المتناسبة مع الميل بالاحتكاك.

تسمى المعادلتان (3.2) و(3.11) معادلتي سانت فينانت للجريان غير الدائم.

لمحة عن حياة سانت فينانت :

سانت فينانت هو مهندس فرنسي كان له إسهامات جليلة في حقل دراسة نظرية المرونة، وكتب بكثافة في مجال الهيدروليك، مع اهتمام متميز بدراسة حركـة الموجـة ومقاومـة الأنابيب والأقنية المكشوفة و الجريان المتغير تدريجياً وجريان الهواء. كان له دور فـي تقديم حد "سرعة انتقال الموجة" لتمييزها عن سرعة الموجة المتعاظمـة، والفـرق بـين الأنهار والسيول في الميول الحدية من أجل الجريان المنتظم. كتب السيدان إنـس و روز (Inc&Rouse) عنه في كتابهما تاريخ الهيدروليك : إنه أحد الذين يكتبون بشكل مذهل في العديد من المجالات، وإن قيمة كل مؤلف من مؤلفاته العديدة في حركة السـائل يضـاهي الآخر. وتأثيره الجوهري في الهيدروليك سيعطيه موقعاً هاماً في حـض الجهـود عنـد زملائه ومن يليه.

إن حل هاتين المعادلتين (3.2),(3.11) تحليلياً غير ممكن إلا في بعض الحالات المبسـطة جداً. ومعادلة الاستمرار لا يتم عليها أي تبسيطات، بينما تتم تلك التبسيطات على معادلـة الحركة وذلك حسب نوع الموجة المطلوب دراستها، وكذلك فإن حل معادلتي سانت فينانت لا يمكن أن يتم دون وجود شروط حدودية وابتدائية.

٣-١-٣- الشروط الابتدائية للحل :

يكون الجريان في بداية الحل جرياناً دائماً عند الزمن صفر. وبذلك تسـيطر شـروط الجريان الدائم على جميع النقاط على طول المجرى، ويكون التدفق ثابتـاً، فـي جميـع المواقع على طول المجرى، مساوياً للتدفق النظامي، وكذلك يكون مقطـع سـطح المـاء متناسباً مع هذا التدفق، وبالتالي العمق ثابتاً ومساوياً للعمق النظامي.

٣-١-٤- الشروط الطرفية للحل :

يمكن أن يكون الشرط الحدودي في شكل علاقة مميزة ومحددة بـين المجاهيـل عنـد إحدى نهايتي المجرى. فمثلاً يمكن فرض أحد المجاهيل تابعاً للزمن كما في هيدروغراف التدفق (علاقة بين Q وt)، وهذا يمكن أن يعطى كشرط حدودي لأعلى التيار. أو وجـود منشأة مميزة عند نهاية المجرى مثل وجود هدار يمكننا من تطبيـق العلاقـات الخاصـة بالمنشأة كشرط حدودي للتيار السفلي.

نتيجة التبسيطات المنجزة على معادلتي سانت فينانت فإننا نستطيع تقسيم طرق حساب الفيضانات إلى قسمين رئيسين هما: الطرق الهيدرولوجية والطرق الهيدروليكية.

٣-٢- الطرق الهيدرولوجية:

٣-٢-١-مقدمة :

تعتمد الطرق الهيدرولوجية على علاقة الاستمرار (3.2) وعلى العلاقة بـين التخـزين والتدفق:

$$I - O = \frac{\Delta S}{\Delta t} \qquad (3.12)$$

I:التدفق الداخل.

O:التدفق الخارج.

ΔS :التغير في التخزين.

Δt :الفترة الزمنية المعتبرة بالثواني.

الطرق الهيدرولوجية طرق بسيطة، وتحتاج لبيانات أقل، وذات دقة مقبولة. وتعتبر طريقة مسار حلقية. ومن أمثلة هذه الطرق : طريقـة كـالنين وطريقـة ماسـكينغام وطريقـة ماسكينغام-كنغ.

٣-٢-٢- طريقة كالينين:(Kalinin)

تعتمد هذه الطريقة على تقسيم المجرى إلى N مقطع متساوية الأطوال، وتعتبـر هـذه المقاطع موشورية الشكل. الطول المميزL لمقطع المجرى تم اشتقاقه من قبل كالنين مـن أجل شروط الجريان الدائم، ويعطى بالعلاقة:

$$L = \frac{Q.\Delta h}{S_0.dQ} \qquad (3.13)$$

حيث :

h : عمق الماء

S_0 : ميل قاع المجرى

أما الزمن فيؤخذ من علاقة الحجم مع التدفق بالعلاقة:

$$T = \frac{dV}{dQ} = LB\frac{dh}{dQ} \qquad (3.14)$$

حيث :

B : عرض سطح الماء الحر

وبتعويض علاقة الزمن في علاقة التغير في التخزين وبحل العلاقة التفاضلية نحصل على العلاقة التالية:

$$Q_A(t+\Delta t) = Q_A(t) + a(Q_Z(t) - Q_A(t)) + b(Q_Z(t+\Delta t) - Q_Z(t)) \qquad (3.15)$$

$$a = 1 - e^{-\frac{\Delta t}{T}} \qquad (3.16)$$

$$b = 1 - \frac{T}{\Delta t}a \qquad (3.17)$$

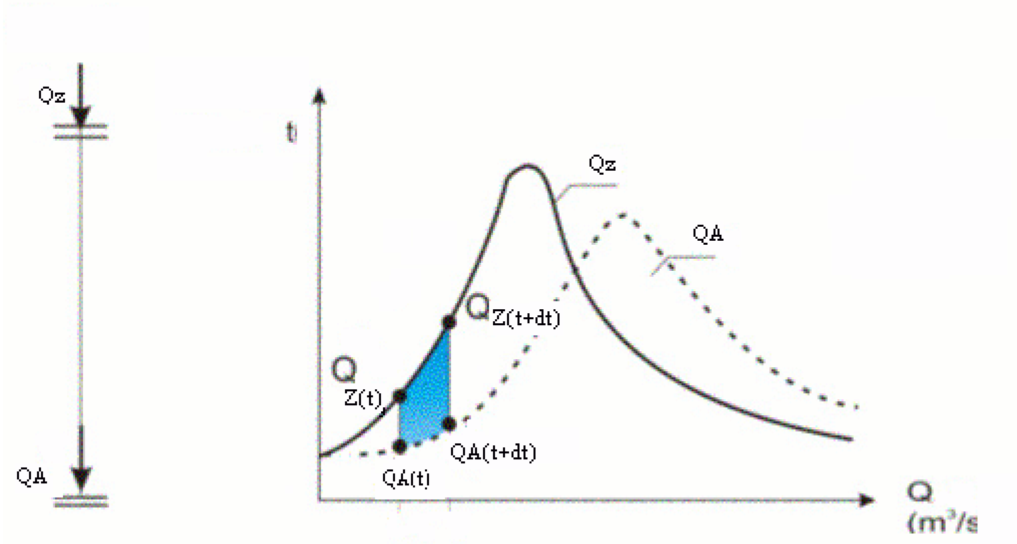
حيث:

$Q_A(t)$: التدفق الخارج عند الزمن الأول

$Q_A(t+\Delta t)$: التدفق الخارج عند الزمن الثاني

$Q_Z(t)$: التدفق الداخل عند الزمن الأول

$Q_Z(t+\Delta t)$: التدفق الداخل عند الزمن الثاني كما هو مبين في الشكل التالي :



الشكل (3-3) طريقة كالنين

تتم عملية الحساب بخطوات تقريبية من أجل كل المقاطع N، حيث تكون كمية التدفق الخارجة من أي مقطع Qz هي نفسها الداخلة QA للمقطع التالي N٠ ولاختيار خطوة الزمن الحسابية فإنه ينصح تبعاً لإيلار اعتماد $\Delta t = T$.

٣-٢-٣- طريقة ماسكينغام:(Muskingum)

سميت هذه الطريقة باسم النهر الذي استخدمت فيه لأول مرة، واشتقت منه علاقة الجريان والتخزين الخطي بإضافة مركبة التخزين المتغير مع الزمن، والتي تتحدد من خلال الفرق بين التدفقين الداخل والخارج لجزء المجرى المدروس، وتعطى بالعلاقة:

$$Q = XI + (1-X)O \tag{3.18}$$
$$S = KXI + K(1-X)O \tag{3.19}$$
$$S = K[XI + (1-X)O]$$
$$S = KQ \tag{3.20}$$

حيث:

K : زمن الانتقال بالثواني بين مقطعين في المجرى (ثابتة التخزين).

X : عامل لا بعدي يتراوح من 0 إلى0.5 ويسمى عامل التوازن وهو يحدد تأثير كل من التدفق الداخل و التدفق الخارج على تخامد الموجة الفيضانية أو يمثل عامل الشكل لسطح الماء المفروض.

باعتبار أن العلاقة بين O وS دائماً أقل (أضيق) منها بين I وS.

من أجل x=0 تقود العلاقة إلى خزان وحيد خطي ومن أجل x=0.5 تقود العلاقة إلى إزاحة زمنية للموجة الفيضانية بدون تخفيض.

لدينا علاقة الاستمرارية:

$$I - O = \frac{dS}{dt} \tag{3.21}$$

بتعويض(3.20) في (3.21) نجد:

$$O(t) + K(1-X)\frac{dO}{dt} = I(t) - KX\frac{dI(t)}{dt} \tag{3.22}$$

انطلاقاً من الشروط الابتدائية للجريان المنتظم؛ أي $I = O = Q_0$، من أجـل t=0 يعطـى الحل العام للمعادلة التفاضلية(3.22) بالشكل:

$$O(t) = \frac{O}{1-X}\exp\frac{-t}{K(1-X)} + \frac{1}{K(1-X)^2}\int_0^t I(\tau)\exp\frac{-t-\tau}{K(1-X)}d\tau - \frac{X}{1-X}I(t) \tag{3.23}$$

الحد الأخير من العلاقة (الجمع الأخير) يجعل قيمة O أقل من قيمة Q_0 إذا كانت قيمـة t أقل من k(1-x).

باعتبار أن I(t) لا يعطى بعلاقة رياضية، لذلك يجب تجزئة الزمن وبالتالي حل العلاقـة (3.22) أو(3.23) رقمياً.بالرغم من أن العلاقة (3.23) تعطي دقة أكبر، مـع بـذل الجهـد نفسه، إلا أنه، عملياً يتم الحساب، على الأغلب، باستخدام العلاقة(3.22)، وبذلك يتم تنفيـذ الحسابات بخطوات زمنية Δt على فرض أن التدفق الخارج ضمن الخطوة Δt يتغيـر بشكل خطي.

$$\frac{O(t)-O(t-\Delta t)}{2}+K(1-X)\frac{O(t)-O(t-\Delta t)}{\Delta t} = \frac{I(t)+I(t-\Delta t)}{2}-KX\frac{I(t)-I(t-\Delta t)}{\Delta t} \quad (3.24)$$

وبالحل ينتج:

$$O(t)=C_0I(t)+C_1I(t-\Delta t)+C_2O(t-\Delta t) \quad (3.25)$$

وبذلك يكون :

$$O_2=C_0I_2+C_1I_1+C_2O_1 \quad (3.26)$$

$$C_0=\frac{-KX-0.5\Delta t}{K-KX+0.5\Delta t} \quad (3.27)$$

$$C_1=\frac{KX+0.5\Delta t}{K-KX+0.5\Delta t} \quad (3.28)$$

$$C_2=\frac{K-KX-0.5\Delta t}{K-KX+0.5\Delta t} \quad (3.29)$$

حيث أن:

I_1 : التدفق الداخل في الزمن t_1

I_2 : التدفق الداخل في الزمن t_2

$O1$: التدفق الخارج في الزمن t_1

و مجموع المعاملات الثلاثة يكون مساوياً للواحد

$$C_0+C_1+C_2=1 \quad (3.30)$$

اقترح كونج Cunge (1969) أن تكون لـ x قيمة موجبة ليكون لها معنى فيزيائي.

$$2KX\le\Delta t\le\frac{t_p}{5} \quad (3.31)$$

حيث : t_p الزمن إلى قمة الهيدروغراف الداخل.

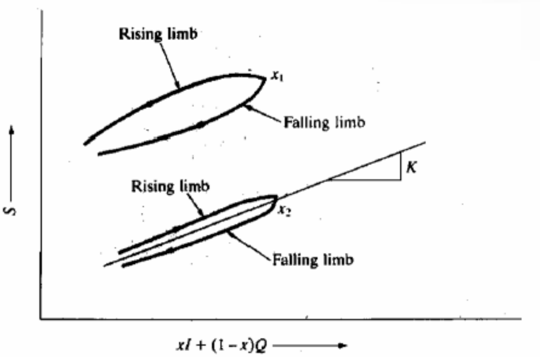
عندما تكون قيمة X سالبة يكون التدفق بطيئاً أو الميل صغيراً جداً. تؤثر عوامـل الميـل وشكل المجرى ونوع الجريان و السرعة والتسارع على قيمة الثابت X . تكون الطريقـة غير قابلة للتطبيق على الهيدروغرافات الشديدة الصعود كما في حالة انهيـار السـدود أو تحطم الثلوج، حيث يسيطر كل من التسارع والحركة، وتهمل الطريقـة تـأثيرات المـاء الخلفي المتغير مثل تأثيرات السدود الموجودة في نهاية المجرى والعوائق والجسور والمد والجزر.

$$2kx\le\Delta t\le 2k(1-x) \quad (3.32)$$

$$\frac{k}{3}\le\Delta t\le k \quad (3.33)$$

يمكن أن تقدر قيمة k باستخدام التدفقات الداخلة والخارجة المقاسة، وبسـهولة أكبـر وبتحديد أكثر من x. تؤثر عوامل أخرى في قيمة k مثل منظومة الصرف وهيـدرولوجيا السطح ونوع التربة وشكل الحوض والغطاء النباتي. توصف بعض هذه العوامل رقميـاً. تتفق معظم الأبحاث على أن فعالية طريقة ماسكينغام تعتمد على دقة تقدير k,x.

وبذلك نجد أن الجزء الأكثر حرجاً في هذه الطريقة هو تقدير قيمة كـل مـن K , X والتي يتم الحصول عليها بمعايرة مجموعة متوفرة من القياسات للمخططات المائية الداخلة والخارجة من أجل الجزء المحدد للقناة. وإذا لم تتوفر لدينا قياسات فإنه تعطى ل X قيمـة تتراوح بين 0 – 0.5 ثم ترسم العلاقة بين التدفق الوسطي والتخزين للقيم X أو العلاقة بين الحد XI+(1-X)I والتخزين، ثم يتم اختيار المنحني الأضيق أو الأكثر تقارباً الذي يعطـي قيمة X المطلوبة. ويعطي الميل الوسطي لهذا المنحني قيمة ثابتة التخزين K، كما هو مبين في الشكل (3-4)



الشكل(3-4) تحديد قيم X,K في طريقة ماسكينغام

وفي هذه الطريقة يجب اختيار الخطوة الزمنية بحيث تتحقق المتباينة:

$$\Delta t < 2KX \qquad (3.34)$$

وعندما تصبح قيمة كل من X , K معروفتين فإن الخطوات المتبعة للحصـول علـى المخطط المائي هي :

١- توصيف المخطط المائي الداخل عند التزايد الزمني المختار.

٢- حساب المعاملات الثلاثة C_0, C_1, C_2.

٣- استخدام معادلة ماسكينغام لحساب المخطط المائي النهائي.

٤- إعادة الخطوة ٣ حتى الوصول إلى نهاية المخطط المائي الداخل.

إن طريقة ماسكينغام تعتمد على توفر البيانات. أما في حال عدم توفر البيانـات فإنـه ينصح باستخدام طريقة ماسكينغام كونج.

٣-٢-٤- طريقة ماسكينغام كونج:(Muskingum-Cunge)

عمل كونج على تطوير طريقة ماسكينغام التقليدية بتطبيق طريقة الفروقات المحدودة الصريحة للنقاط الأربع في معادلة الاستمرار.

تعتمد طريقة ماسكينغام الأصلية على معادلة التخزين مع عوامل k,x المختارة بطريقة الخطأ والصواب. وعلى عكس طريقة ماسكينغام الأصـلية التـي تحسـب البـارامترات باستخدام بيانات الجريان المقاسة للمجرى فإنه فـي طريقـة ماسـكينغام كـنج تحسـب البارامترات باستخدام خصائص الجريان والمجرى. وهكذا، فإنه في حال غيـاب بيانـات الجريان المقاسة، يمكن استخدام طريقة ماسكينغام كنج لتقدير البارامترات المستخدمة.

$$K = \frac{\Delta L}{V_W} \qquad (3.35)$$

$$X = \frac{1}{2} - \frac{Q_0}{2SBV_W \Delta L} \qquad (3.36)$$

حيث:

K: ثابت زمن التخزين من أجل مجرى النهر، الذي له قيمة قريبـة مـن زمـن انتقـال الموجة.

Q_0 : التدفق المرجعي m^3/s

S: ميل قاع المجرى.

B: عرض سطح الماء m.

ΔL : طول الجزء المدروس m.

V_W : سرعة الموجة m/s.

X: عامل الوزن المتغير بين 0-0.5.

كما هو موضح في العلاقات السابقة، فإنه يتم الحصول على بارامترات طريقة ماسكينغام كنج باستخدام متغيرات، مثل عرض سطح الماء وسـرعة الموجـة ومسـاحة المقطـع العرضي للمجرى وميل المجرى وطوله. تجعل علاقة بارامترات ماسكينغام كـنج X,K، المتعلقة بخصائص الحوض، طريقة ماسكينغام كونج مناسبة للتطبيق في المجاري غيـر المقاسة. ويقدر التدفق المرجعي بالعلاقة:

$$Q_0 = Q_b + 0.5(Q_P - Q_b) \qquad (3.37)$$

حيث :

Q_0: التدفق المرجعي m^3/s.

Q_b: التدفق الأصغري يؤخذ من الهيدروغراف الداخل m^3/s.

Q_p : تدفق الذروة للهيدروغراف الداخل m^3/s.

وتعطى سرعة الموجة بالعلاقة: $V_W = \frac{\Delta Q}{\Delta A}$

حيث ΔA تمثل التغير في مساحة المقطع العرضي m^2.

تقدر سرعة الموجة كتابع للسرعة الوسطية للجريان من أجل أشكال القناة المتعددة كما في الجدول التالي :

الجدول(3-1) سرعة الموجة من أجل أشكال القناة المتعددة

معادلة شيزي	معادلةماننغ	شكل القناة
$3/2V_{av}$	$5/3\,V_{av}$	مستطيل
$5/4V_{av}$	$4/3\,V_{av}$	مثلث
$7/6V_{av}$	$11/9\,V_{av}$	قطع مكافئ

حيث V_{av} السرعة الوسطية للجريان و تحسب من علاقة ماننغ كما يلي :

$$V_{av} = \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{S} \qquad (3.38)$$

حيث :

n : معامل الخشونة

R : نصف القطر الهيدروليكي

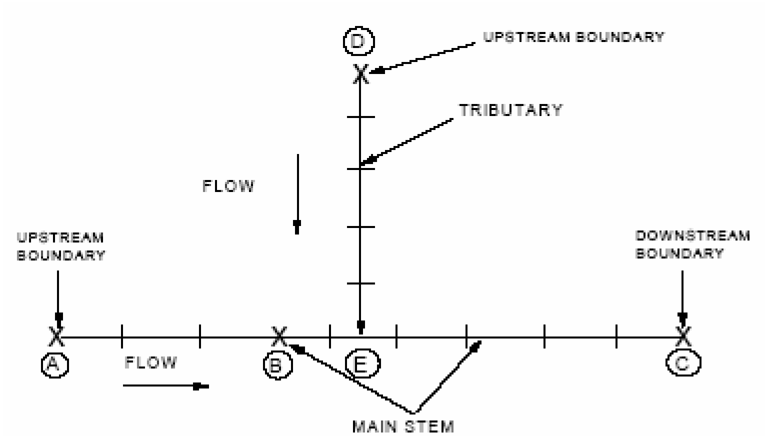
S : ميل المجرى

وبعد حساب قيمة كل من X,K يتم حساب قيم المعاملات الثلاثة C0,C1,C2 كما هو الحال في طريقة ماسكينغام التقليدية. وتطبق في المعادلة السابقة نفسها وبالطريقة نفسها.

في الأحواض الساكبة الكبيرة التي تترافق بتدفقات فرعية داخلة أو مضافة إلى المجـرى الرئيسي يكون حجم التدفق الخارج أكبر من حجم التدفق الداخل لذلك لابد من أخـذ هـذا التدفق الداخل بالاعتبار وإضافته إلى التدفق الرئيسي كما فـي الشـكل (3.6)، ويضـاف المعامل C3 للمعادلة كحد للتدفق الجانبي:

$$C_3 = \frac{q \Delta t \Delta L}{2K(1 - X) + \Delta t} \qquad (3.39)$$

حيث q التدفق الجانبي $m^2/\sec$ في واحدة الطول m وفي الزمن t وبالثواني.



الشكل (3-5) وجود روافد في طريقة ماسكينغام

تطبق طريقة ماسكينغام كونج عندما تكون الموجة متشتتة (أي لها سلوك ديناميكي) وذلك عندما تتحقق المتباينة التالية :

$$T_r S(\frac{g}{d_0}) \geq 15 \qquad (3.40)$$

حيث:

Tr : الزمن بالثواني إلى ذروة المخطط المائي الداخل

d_0 : عمق الجريان الوسطي m.

g : تسارع الجاذبية الأرضية و يساوي $9.81 m/\sec^2$.

ويحدد طول الجزء المدروس من العلاقة :

$$L \leq 0.5\left[mV_0\Delta t + \frac{Q_0}{mT_0V_0S_0}\right] \qquad (3.41)$$

من أجل الحصول على نتائج دقيقة، قد نحتاج لتقسيم القناة إلى أجزاء أصـغر إذا كانـت طويلة جداً.

تبدأ الطريقة بالابتعاد عن الحل الكامل للجريان غير الدائم عندما توجـد هيـدروغرافات سريعة الصعود (مثلاً أقل من 2 ساعة) مرسومة خلال قناة ذات مقاطع مسـطحة (مـثلاً ميول المجرى أقل من 1قدم/ ميل أي=0.0002).

$$\Delta t \geq 1.625\mu / Vw$$

$$2.6\mu / Vw \leq \Delta L \leq 1.6Vw\Delta t$$

$$\mu = \frac{Q_0}{2WS}$$

μ : النشر الهيدروليكي بـ $m^2 / \sec$.

Q0: التدفق المرجعي بـ m^3 / s .

W: عرض الجريان العلوي بـ m .

S: ميل القاع.

٣-٣- الطرق الهيدروليكية:

٣-٣-١- مقدمة :

الطريقة الهيدروليكية طريقة مسارٍ مجزأة تسمح بحساب التدفق والعمق كتابع للمسافة والزمن، بينما الطرق الهيدرولوجية طرق حلقية تحسب التدفق كتابع للزمن فقط عند موقع أسفل التيار.

ولكن الطرق الهيدروليكية تكون غير مستقرة في ظل سيطرة بعض الشـروط وتتطلـب بيانات دقيقة وتكون صعبة الحل، حيث تصف المعادلات المستخدمة في هذه الطريقة تقدم موجة الفيضان مع المسافة والزمن.

يمكن تقسيم حل معادلات الموجة الديناميكية باستخدام الطرق الهيدروليكية إلى قسمين: إما تقريبات لمعادلات الموجة الديناميكية أوالحل الكامل .

التقريبات أو التبسيطات الثلاثة الأكثر شيوعاً للمعادلات الديناميكية الكاملة هي الحركيـة والتشتت والنماذج شبه الدائمة كما هو مبين أدناه:

$$S_f = S_0 - \frac{dy}{dx} - \frac{v}{g}\frac{dv}{dx} - \frac{1}{g}\frac{dv}{dt}$$

جريان منتظم دائم
تقريبات الموجة الحركية

جريان غير منتظم دائم
تقريبات الموجة المشتتة

جريان غير منتظم دائم
تقريبات الموجة الديناميكية الشبه دائمة

جريان غير منتظم غير دائم
تقريبات الموجة الديناميكية الكاملة

وجدت النماذج الحركية والتشتت تطبيقاً واسعاً وقبولاً عند المهندسـين، نتيجـة قبولهـا التطبيق على الميول الشديدة والخفيفة ومع موجات فيضان بطيئة الصعود.

٣-٢-٣ تقريبات الموجة الديناميكية :

١-٢-٣-٣ طريقة الأمواج الحركية :

تفترض طريقة الموجة الحركية أن حركة الهيدروغراف على طول المجرى محكومة كلياً بقوى الجاذبية والاحتكاك، حيث قوى الاحتكاك والجاذبية تصل إلى توازن، وعليه فإن الجريان لا يتسارع بشكل هام. في الحقيقة، لا يحدث التوازن بين قوى الاحتكاك والجاذبية مطلقاً. وعلى أي حال، عندما تبدي قوى الاحتكاك والجاذبية، في بعض حالات الجريـان، توازناً، تصبح التغيرات في العمق والسرعة، مع الـزمن والمسـافة، صـغيرةً بقيمتهـا بالمقارنة مع ميل القاع. وعليه، تتضاءل الحدود على يمين ميل القـاع لتنعـدم فتصـبح معادلة الحركة $S_f = S_0$. وخط تدرج الطاقة يكون موازياً لقاع المجرى، ويكون التـدفق دائماً ومنتظماً ضمن طول تفاضلي.

وبالتالي،تكون معادلة الاستمرار:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \qquad (3.42)$$

معادلة الحركة:

$$S_f = S_0 \qquad (3.43)$$

يحسب الجريان المنتظم ليأخذ مكانه من معادلة الجريان لتصبح:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + C\frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \qquad (3.44)$$

حيث Q : التدفق ، t: الزمن،x : المسافة على طول المجرى، c: سرعة الموجة

تنتقل الموجة الحركية أسفل المجرى بسرعة c دون وجود انخفاض أو تغير فـي الشـكل وبالتالي لا يوجد تشتت.

ويظهر السلوك الحركي إذا تحققت المتراجحة:

$$\frac{T_r S_0 V_0}{d_0} \geq 85 \qquad (3.45)$$

تحدث الأمواج الحركية غالباً في الأقنية شديدة الانحدار مع مخططات مائية طويلة الزمن.

يمكن وصف معادلة التدفق الخارج بالزمن والمسافة:

$$O_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 O_2 \qquad (3.46)$$

حيث:

$$C_0 = \frac{C-1}{1+C} \qquad (3.47)$$

$$C1 = 1 \qquad (3.48)$$

$$C_2 = \frac{1-C}{1+C} \qquad (3.49)$$

$$C = c\frac{\Delta t}{\Delta x} \qquad (3.50)$$

من معادلةماننغ فإن السرعة c في القناة العريضة هي: $c = (5/3)V$

تعطى السرعة إذا لم تكن القناة عريضة بـ B /(dQ/dy)، حيث B العرض العلوي للقنـاة ,y العمق ،Q التدفق، وبالتالي dQ/dy هو ميل المنحنـي النسـبي ، C رقـم كورانـت Courant.

نختار خطوتي المسافة والزمن $\Delta x, \Delta t$ بحيث يكون C مساوياً للواحد وتجنباً لحدث أخطاء رقمية.

معادلة المسار لها نفس شكل طريقة ماسكينغام، وتعريف معاملات المسار هو مختلف من أجل كل طريقة.

طريقة الحساب كالتالي:

١- تجزئة المجرى وفقاً لـ Δx المختارة وتحديد حدود الجريان الابتدائية.

٢- من أجل كل فاصلة مكانية استخدم معادلة لتقدير سرعة الجريان c المساوية 5/3 V

٣- اختر Δt كأصغر قيمة من جميع الفواصل المكانية في كل مجرى.

٤- احسب المعادلات.

٥- استخدم معادلة المسار من أجل حساب الهيدروغراف الناتج في خطوة الزمن التاليـة من أجل جميع الفواصل المكانية.

٦- كرر جميع الخطوات السابقة حتى الوصول إلى خطوة الزمن الأخيرة.

يمكن أن تقرب كمية الحركة للجريان بتبسيطات الجريان المنتظم كما هو موصوف مـن قبل معادلةماننغ أو شيزي. يمكن كتابة معادلة ماننغ بالشكل التالي:

$$Q = \alpha A^{m} \qquad (3.51)$$

حيث α, m تتبعان لهندسة المجرى والخشونة.

حيث أن معادلة كمية الحركة اختصرت إلى علاقة بسيطة بين المساحة والتدفق فإن كمية الحركة لموجة الفيضان توصف فقط بمعادلة الاستمرار المكتوبة بالشكل التالي:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \qquad (3.52)$$

بدمج المعادلتين (3.51)، (3.52) نحصل على معادلة الموجة الحركية المسيطرة:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \alpha m A^{(m-1)} \frac{\partial A}{\partial x} = 0 \qquad (3.53)$$

بسبب تبسيطات الجريان المنتظم الدائم، لا تسمح معادلات الموجة الحركية للمخطط المائي بالتشتت ولكن تسمح فقط بانتقال بسيط للمخطط المائي مع الـزمن. توصـف معـادلات الموجة الحركية عادة بطرق الفروقات المحدودة الضمنية أو الصريحة. إن أي تخفـيض يحصل في قمة الجريان المحسوب باستخدام معادلات الموجة الحركية يكون نتيجة أخطاء ضمن طريقة حل الفروقات المحدودة. يعمل تقريب الموجة الحركي، عادة، بشكل أفضلي عندما يطبق على منحدر (10 قدم / ميل=0.002) أو أكبر.

لا تتعامل هذه الطريقة مع تأثيرات الماء الخلفي حيث أن الاضطراب يزداد باتجاه التيـار السفلي. جميع الحدود في معادلة كمية الحركة المستخدمة لوصف تشكل موجة الفيضـان أعلى التيار (تأثيرات الماء الخلفي) تم استبعادها.

تطبق هذه الطريقة، غالباً، في مساحات مأهولة، لأن مسارات الجريان عـادة قصـيرة و محددة جيداً (مثلاً أنابيب مستديرة ، أقنية خطية بيتونية،........الخ).

٣-٢-٢ طريقة أتي-كين المعدلة (Atti-kin) :

هي دمج لطريقتي مسار الخزان والموجة الحركيـة. فـي طريقـة Atti-kin يسـير الهيدروغراف أولاً عبر الخزان مظهراً أن التدفق الخارج متناسب مـع الهيـدروغراف الخارج الناتج بالتالي ينتقل باستخدام مبادئ الموجة الحركية.

يمكّن مسار الخزان من التخفيض والانتقال، بينما المسار الحركي ينقـل الهيـدروغراف الخارج ولكن لا يخفض القمة.

يتزامن زمن حدوث الذروة مع التخزين الأعظمي في مجرى القناة:

الخطوات في مسار الخزان كمايلي:

١- توصف معادلة الاستمرار كما يلي:

$$I_1 - \frac{O_2 - O_1}{2} = \frac{S_2 - S_1}{\Delta t} \qquad (3.54)$$

حيث تمثل Δt خطوة الزمن و يشير الرمز 1 إلى القيم في بداية خطوة الـزمن، و يشـير الرمز 2 إلى القيم في نهاية خطوة الزمن.

٢- بتعويض S=KO ينتج:

$$O_2 = C_m I_1 + (1 - C_m) O_1 \qquad (3.55)$$

$$C_m = \frac{2\Delta t}{2k + \Delta t} \qquad (3.56)$$

٣- العامل k هو زمن انتقال الموجة في المجرى ويعرف :K = L/c

L: طول المجرى، c=my، c سرعة الموجة، vالسرعة الوسطية، m عامل يتعلق بالمنحني النسبي للمقطع الطولي. $Q = XA^m$

٤- التراجع الخطي اللوغاريتمي يمكن أن يحصل في بيانات مقدمـة للمسـاحة والتـدفق لتحديد m , x.

في غياب البيانات يمكن أن تساوي 5/3.

$$x = \frac{S_0^{1/2}}{np^{2/3}} \qquad (3.57)$$

والتي تنشأ من علاقةماننغ من أجل قناة بميل S0 ومعامل خشونة محيط مبلول P

- الخطوة الثانية: انتقال الموجة الحركي :

١- بعد تحضير مسار البحيرة فإن زمن الانتقال الحركي يقدر من :

$$\Delta tp = \frac{Op(1/m - 1)}{X^{1/m}} L\left(\frac{(Ip/Op)^{1/m} - 1}{(Ip/Op) - 1}\right) \qquad (3.58)$$

حيث Ipهو تدفق الذروة للمنحني الداخل و Op تدفق الذروة للمنحني الخارج .

- تكون إجراءات الحساب بعد ذلك:

١- تحديد x,m من المنحني النسبي من أجل المقطع العرضي المفروض.

٢-حساب Cm,K واختيار Δt.التي تجعل Cm أقل من 1 (يفضل $Cm \le 0.67$).

٣-تحضير مسار البحيرة.

٤-حساب Δt_p.ومقارنتها مع فارق الزمن مع ذرى الداخل والخارج Δt_{ps}.

٥-إذا كانـت $\Delta t_p \le \Delta t_{ps}$ ينتقـل الهيـدروغراف الخـارج ب $\Delta t_p - \Delta t_{ps}$ و إلا فـإن الهيدروغراف سيبقى كما هو.

٣-٣-٢-٣- مسار تشتت الموجة :

يأخذ تقريب تشتت الموجة حد الاختلاف بالضغط ولكنه يهمل حدود العطالة، وهـذا مـا يشكل تحسيناً على تقريب الموجة الكينماتي، يعطى تقريب تشتت الموجة ب:

$$S_f = S_0 - \frac{dy}{dx} \qquad (3.59)$$

تمكن حدود الاختلاف بالضغط من حدوث التشتت (التخفيض) لموجة الفيضان.

- افتراضات طريقة التشتت :

تعتمد طريقة تشتت الموجة على افتراض أن حدود العطالة في معادلة الحركة تكـون مهملة و هذا ينطبق على معظم موجات الفيضان بطيئة الصعود الطبيعية ولكنـه يسـبب مشاكل في الفيضان السريع أو أمواج تحطم السد والافتراضات العامة المأخوذة بالاعتبار في جميع الطرق الهيدروليكية المستخدمة لرسم مسار الفيضان مثل (الجريان أحادي البعد، الكثافة ثابتة، القناة ثابتة) تنطبق على هذه الطريقة.

- حدود طريقة التشتت :

بما أن حدود العطالة غير داخلة في التقريب، فإن الطريقة تقتـرب مـن موجـات الفيضان الصاعدة ببطء، ومعظم موجات الفيضان الطبيعية يمكن أن تشمل بهذا التقريب. وفي جميع الأحوال، ينصح بهذه الطريقة في الأنهار، في حال عدم وجود تأثيرات للمـاء الخلفي.

- البيانات المطلوبة :

البيانات المطلوبة هي نفس البيانات المطلوبة للنماذج الديناميكية الكاملة بما في ذلـك المقاطع العرضية والميل وخشونة المجرى.

- تطوير المعادلات :

تأخذ طريقة التشتت معادلة الاستمرار، وينجز مسار تشتت الموجة بجمع ثـم حـل المعادلة. تستخدم معادلة ماننغ لتقدير ميل الاحتكاك Sf، وبالتالي توصف القناة كسلسلة من المقاطع العرضية، أي توصف الخصائص الهيدروليكية لمسار التدفق الـداخل متضـمنةً الميل والشكل والخشونة.

وتسمى هذه الطريقة أيضاً بالطريقة الديناميكية ومثالها طريقة ماسكينغام كونج.

٣-٣-٢-٤-مسار الموجة الديناميكية شبه الدائم:

تستخدم طريقة تقريب الموجة الديناميكية شبه الدائم حد التسارع المكاني كما هـو مبـين لاحقاً :

$$S_f = S_0 - (\frac{dy}{dx}) - (\frac{vdv}{gdx}) \quad (3.60)$$

يطبق هذا النموذج معادلة الاستمرار وتبسيطات معادلة كمية الحركة كما هو مبين،

عموماً، لا تستخدم هذه التبسيطات لمعادلات الموجة الديناميكية في مسار الفيضان. هـذا النوع من معادلة كمية الحركة شائع للاستخدام أكثر في حسابات المقطع الطولي للجريان الدائم في حالة مسار الفيضان. الحدان الأخيران لمعادلة كمية الحركة غالباً متعاكسان في الإشارة ويفنيان بعضهما البعض.

يظهر الخطأ بإدخال تسارع الانتقال وليس التسارع المحلي. ولهذا الخطأ قيمة أكبـر مـن الخطأ الناتج عندما يستبعد كلا الحدين. كما هو الحال في نموذج الموجة المتشـتتة. مـن أجل الجريان الدائم، يحسب الحد الأخير من معادلة كمية الحركة(التغيرات في السرعة مع الزمن) ليكون معدوماً. والتغيرات في السرعة مع المسافة تبقى هامة جداً فـي حسـابات الجريان الدائم.

- البيانات المطلوبة :

بشكل عام، البيانات المطلوبة من أجل طرق المسار الهيدروليكي المتعددة، هي فعليـاً نفسها. وفي جميع الأحوال، سوف تتباين التفاصيل المطلوبة من أجل كل نوع من البيانات

تبعاً لطرق المسار المستخدمة والحالة المطبقة عليها. البيانات الأساسية المطلوبة من أجل طرق المسار الهيدروليكي هي:

أ- بيانات الجريان: تتألف بيانات الجريان من المخططات المائية للتدفق في مواقع التيار العلوي وكذلك الجريان الفرعي لجميع النقاط في المجرى.

ب- مقاطع القناة العرضية و طول المجرى: المقاطع العرضية للقناة، نموذجياً، هي مقاطع ممسوحة وعمودية على خطوط الجريان. القضايا المفتاحية في اختيار المقاطع العرضـية هي الدقة في البيانات الممسوحة والمسافات بين المقاطع على طول المجرى. وفي حـال تطبيق طريقة المسار لتوقع المناسيب، فإن الدقة في أبعاد المقاطع العرضية سيكون لهـا تأثير مباشر في توقع المنسوب إذا استخدمت المقاطع العرضية فقط لرسم المخطط المائي للتدفق فإنه فقط من الضروري التأكيد على أن يكون المقطع العرضي ممثلاً مناسباً للتدفق مقابل مساحة الجريان في المقطع. أشكال المقاطع العرضية المبسطة مثل المقـاطع شـبه المنحرفة أو المستطيلة، غالباً تستخدم لملاءمة التدفق مع مساحة الجريان. يـؤثر تباعـد المقاطع العرضية في سوية النتائج التفصيلية وكذلك على دقة الحـل العـددي لمعـادلات المسار.

ج- معاملات الخشونة: تكون معاملات الخشونة لنموذج المسار الهيدروليكي متمثلة فـي قيم معاملماننغ ويكون لها تأثير مباشر في زمن الانتقال وفي كمية التشـتت الحاصـلة، لدى إيجاد المخطط المائي الفيضاني خلال مجرى القناة، وكذلك في قيم المناسيب.

د- الشروط الطرفية والابتدائية: تتطلب جميع النماذج الهيدروليكيـة شـروطاً ابتدائيـة وحدودية قبل بدء المسار. تؤخذ الشروط الابتدائية في جميع نقاط المجـرى عنـد بدايـة الحساب عن طريق تحديد جريان القاعدة في المجرى، ويمكن حساب أعماق وسـرعات الماء من حالة الجريان الدائم أو معادلة العمق النظامي(مثلاً معادلـة مـاننغ). الشـروط الطرفية هي علاقات معروفة بين التدفق والزمن أو التدفق والعمـق. تتطلـب حسـابات المسار الهيدروليكي تحديد الشروط الطرفية والداخلية للتيـار العلـوي والسـفلي لحـل المعادلات. الشرط الحدودي للتيار العلوي هو علاقة الزمن المقابلة للتـدفق والمنسـوب للمخطط المائي التي سيرسم عبر المجرى. يمثل الشرط الحدودي للتيار السفلي بمنحنـي نسبي للحالة الدائمة(علاقة العمق المقابل للتدفق) أو من خلال حسابات العمـق النظـامي (علاقة ماننغ). تتألف الشروط الطرفية الداخلية من المخططات المائية للجريانات الفرعية

أو لجريانات الروافد، وكذلك من علاقات التدفق المقابل للعمق في المنشآت الهيدروليكيـة المشيدة ضمن مجرى النهر.

٣-٣-٣-الحل الكامل للمعادلات الديناميكية (المسار الديناميكي الكامل) :

١- مقدمة :

تحل النماذج الهيدروليكية الكاملة معادلات سانت فينانت الكاملة من أجل الجريان غير الدائم على طول المجرى.تقدم الحلول الأكثر دقة المتوفرة من أجـل الحسـاب للجريـان الخارج باعتبار تأثير تخزين المجرى وشكل الموجة. تشمل طرق الحل العدديـة طريقـة الخصائص والفروقات المحدودة والعناصر المحدودة.

٢- طريقة الخصائص (المميزات) :

تعتمد على تطبيق طريقة الفروقات المحدودة على معـادلتي الاسـتمرار و الحركـة فتعطي المعادلات التالية:

من أجل المقطع الأول(خطوة للخلف):

$$\frac{QR-QP}{\Delta X}+BP\frac{yM-yP}{\Delta t}+\sqrt{\frac{BP}{g.AP}}\left[\begin{array}{l}\frac{QM-QP}{\Delta t}+2\frac{QP}{AP}\frac{QR-QP}{\Delta X}\\ +(gAP-\frac{QP^2}{AP^2}BP)(\frac{yR-yP}{\Delta X}-S0)\\ -\frac{QP^2}{AP^2}\frac{AR-APR}{\Delta X}+g\frac{QP|P|}{APMP^2RP^{4/3}}\end{array}\right]=0 \quad (3.61)$$

من أجل المقطع الأخير (خطوة للأمام) :

$$\frac{QP-QL}{\Delta X}+BP\frac{yM-yP}{\Delta t}+\sqrt{\frac{BP}{g.AP}}.\left[\begin{array}{l}\frac{QM-QP}{\Delta t}+2\frac{QP}{AP}\frac{QP-QL}{\Delta X}+\\ (gAP-\frac{QP^2}{AP^2}BP)(\frac{yP-yL}{\Delta X}-S0)\\ -\frac{QP^2}{AP^2}\frac{APL-AL}{\Delta X}+g\frac{QP|P|}{APMP^2RP^{4/3}}\end{array}\right]=0 \quad (3.62)$$

من أجل المقاطع الوسطية:

$$QM=QP+\frac{\Delta t}{2\Delta x}\left[\begin{array}{l}\sqrt{g\frac{AP}{BP}}(QL-2QP+QR)-\\ 2\frac{QP}{AP}(QR-QL)-\\ ((yR-yL)-2S0\Delta X/\Delta t)(g.AP-\frac{QP^2}{AP^2}BP)\\ +\frac{QP^2}{AP^2}(AR-ABR+ABL-AL)\end{array}\right]$$

(3.63)

$$yM = yP + \frac{\Delta t}{2BP\Delta X}\left[\begin{array}{l} QL - QR - \sqrt{\frac{BP}{gAP}}(2\frac{QP}{gAP} - QR - QL) - \\ (yR - 2yP + yL)(gAP - \frac{QP^2}{AP^2}BP) \\ + \frac{QP^2}{AP^2}(AR - APR - APL + AL)) \end{array}\right] \quad (3.64)$$

حيث:

QM : التدفق في اللحظة $t + \Delta t$.

yp,QP: العمق و التدفق في اللحظة t.

yL,QL: العمق و التدفق في المقطع الواقع على يسار النقطة المحسوبة.

yR,QR: العمق و التدفق في المقطع الواقع على يمين النقطة المحسوبة.

yM: العمق في اللحظة $t + \Delta t$.

AP: مساحة المقطع P من أجل yp.

AL,AR: مساحة المقطع L,R من أجل yL,yR.

APL,APR: مساحة المقطع يسار و يمين المقطع P عند المنسوب yp.

RP: نصف القطر الهيدروليكي.

يجب مراعاة أن تكون خطوة الزمن صغيرة بحيث تتحقق المتباينة التالية :

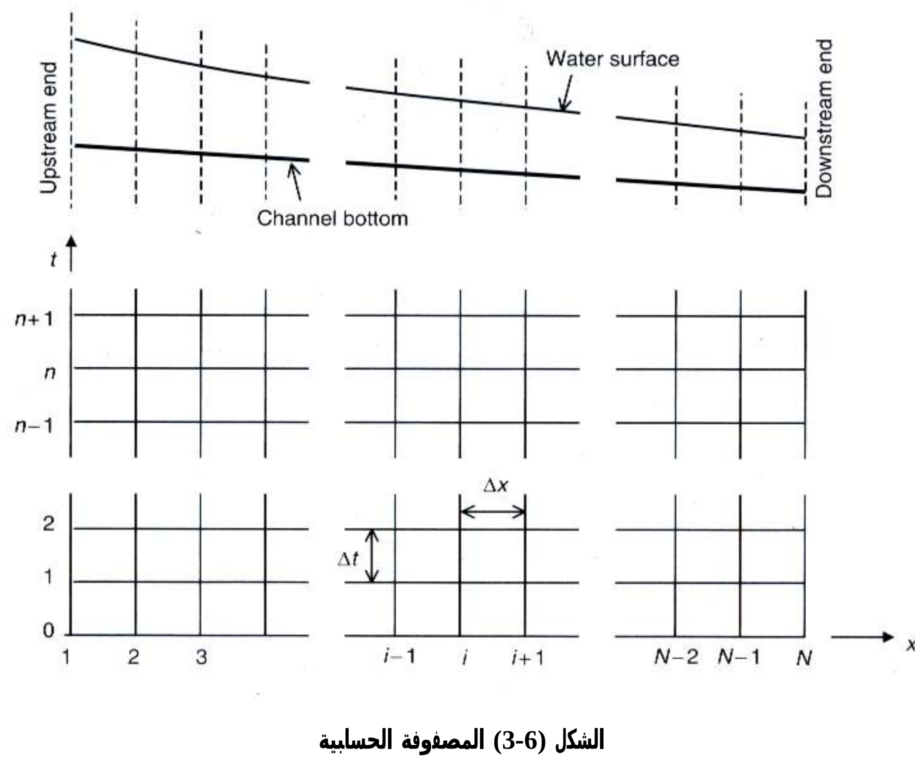
$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{\frac{Q}{A} + \sqrt{g A/B}} \quad (3.65)$$

على الرغم من فشل طريقة الخصائص في حالة الجريان فوق الحرج إلا أنها ذات فائـدة، لأنها أكثر دقة، وتقود إلى فهم عميق لفيزيائية الموجة الفيضانية؛ إضافة لذلك فإن طريقـة الخصائص تكون ضرورية من أجل بعض طرق الفروقات المحدودة الصريحة، وخاصـةً من أجل تقييم الشروط الطرفية.

٣- طريقة الفروقات المحدودة الصريحة :

على الرغم من أن طرق الفروقات المحدودة الصريحة هي طرق بسيطة للبرمجة فإن هناك صعوبات مرتبطة بالاستقرارية.

نقوم بتقسيم القناة إلى عدد من مجاري الجريان ونبحث عن الحلول عند فواصل زمنية مستقلة. و يمكن أن يتم هذا باستخدام المصفوفة الحسابية كما هو مبين بالشكل (6-3) تمثل الخطوط الشاقولية للمصفوفة الحسابية مواقع مختلفة على طول المجرى وتقابل الخطوط الأفقية الفواصل الزمنية، التي نبحث عن الحلول العددية عندها. يمكن لكل من الزيادة الزمانية Δt والزيادة المكانية Δx أن تتباين، تتقاطع الخطوط الأفقية والشاقولية عند نقاط المصفوفة الحسابية المطلوب إيجاد الحلول العددية عندها، تمثل الخطوط الأفقية المرقمة ب0 الزمن الابتدائي، وتكون شروط الجريان عند كل النقاط على هذا الخط معروفة من شروط الجريان الابتدائية. تمثل الخطوط الشاقولية المرقمة ب1 التيار العلوي والمرقمة بN التيار السفلي، تطبق الشروط الطرفية على النقاط على هذه الخطوط.بمعرفة الشروط عند مستوى الزمن 0 ،عند t =0 ، تحدد الخطوة الأولى في الحسابات شروط الجريان عند جميع النقاط في الخط الأفقي المسمى1 (الخطوة الزمنية1)، ذلك عند $t=(1).\Delta t$. ثم تتم الحسابات من أجل مستوى الزمن 2 وهكذا من أجل مستويات زمن لاحقة. أي أنه عندما يكون علينا حساب شروط الجريان عند مستوى الزمن n+1 ، فإن الشروط عند n تكون معلومة إما من الشروط الابتدائية المعطاة أو من حسابات خطوة الزمن السابقة.



الشكل (3-6) المصفوفة الحسابية

عندما نبحث عن الحلول عند الخطوة الزمنية n+1 تكون الشروط عند المستوى n معروفة إما من حسابات خطوة الزمن السابقة أو من الشروط الابتدائية. إذا أخذت المعـادلات 1,2 كمعادلات ناظمة من أجل الحسابات بين المستوى n والمسـتوى n+1 فـإن المتغيـرات y_i^n, Q_i^n تكون معروفة من أجل i=1,2,3,…N والمجاهيـل هـي y_i^{n+1}, Q_i^{n+1} مـن أجـل i=1,2,3,…N من الواضح أن A,Sf يمكن أن تقدر بحدود y,Q.

تسمح طرق الحل الصريحة بحساب متغيرات الجريان عند نهاية خطوة الزمن في نقطـة واحدة في القناة، وذلك باستخدام التقريبات التالية استناداً إلى حل النقاط المجاورة.

مع الزمن:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{f_{i+1}^{j} - f_i^{j}}{\Delta x} \tag{3.66}$$

مع المسافة:

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{f_i^{j+1} - f_i^{j}}{\Delta t} \tag{3.67}$$

وبتطبيقها في معادلة الاستمرار ينتج:

$$\frac{Q_{i+1}^{j}-Q_{i}^{j}}{\Delta x}+\frac{A_{i}^{j+1}-A_{i}^{j}}{\Delta t}=0 \qquad (3.68)$$

وبتطبيقها في معادلة الحركة ينتج:

$$\frac{Q_{i}^{j+1}-Q_{i}^{j}}{\Delta t}+\frac{(Q^{2}/A)_{i+1}^{j}-(Q^{2}/A)_{i}^{j}}{\Delta x}+gA(\frac{h_{i}^{j+1}-h_{i}^{j}}{\Delta x}+sf) \qquad (3.69)$$

ويجب تحقيق شرط كورانت (courant) من أجل استقرارية الطريقة الصريحة:

$$\Delta t\le\frac{\Delta x}{|V\mp C|} \qquad (3.70)$$

وكذلك يجب تحقيق شرط كورن (koren):

$$\Delta t\le\frac{\sqrt{1+2F_{0}}-1}{F_{0}\frac{gS_{0}}{V_{0}}} \qquad (3.71)$$

حيث:

F0: عدد فرود للجريان النظامي الابتدائي.

V0: سرعة الجريان النظامي.

S0: ميل قاع المجرى.

لقد بينت التجارب العددية التي قام بها سين و هونج (Sign, Hung) أن شـروط كـورن (Koren) تكون قابلة للتطبيق على طريقة المميزات، وعلى الطرق الصريحة. وفي حـال تم دمج شرط كورن (koren) مع شروط كورانت (courant) بحيث يكون عدد كورانـت (courant) مساوياً للواحد فإن قيمة الخطوة العظمى تعطى ب:

$$\Delta x_{\max}=(\sqrt{1+2Fr_{0}}-1)(1+Fr_{0})\frac{y_{0}}{S_{0}}$$
(3.72)

تبدو الطرق الصريحة أسهل للبرمجة من الطرق الأخرى، ويمكن أن تعتمد على طريقـة الخصائص من أجل الشروط الطرفية.

ب- طريقة الفروقات المحدودة الضمنية :

في طرق الفروقات المحدودة الضمنية، تستخدم القيم عنـد المسـتوى n+1 وكـذلك المستوىn معادلات سانت فينانت. لن يقود هذا التشكيل إلى تعـابير صـريحة لحسـاب

المتغيرات عند n+1 وعوضاً من ذلك، ستنتج سلسلة من المعادلات الجبرية غير الخطية. ستحسب هذه المعادلات آنياً، (معاً) للحصول على النتائج عند المستوى n+1 كلها معاً.
بفرض أن الطول الكلي للقناة يقسم إلى N-1 مجرى كما هو مبين فـي الشـكل السـابق. بالتالي من أجل أي خطوة زمنيـة للحسـابات سـيكون لـدينا المجاهيـل عـددها 2N: i=1,2,3,…N. سنستخدم معادلات الاستمرار والحركة بشكل فروقات محدودة من أجل كل مجرى مما يعطي 2N-2 معادلة. بعد ذلك تنتج المعادلتان المتبقيتان المطلوبتـان، لتحديـد المجاهيل 2N، من الشروط الطرفية. فمن أجل الجريان دون الحرج واحدة من المعادلات الطرفية من أجل كل حد علوي وسفلي تستخدم. ومن أجل الجريان فوق الحرج فإن كـلا المعادلات الحدية تكون من أجل نهاية التيار العلوي.
يتم فيما يلي شرح طريقة النقاط الأربع الضمنية المسماة طريقة بريسـمان (preissman). يمكن أن تطبق هذه الطريقة لأي شكل يمكن أن تأخذه معادلات سانت فينانت.
- معادلات المسار:
في طريقة بريسمان (preissman)، تستخدم التقريبات التالية لمجرى القناة بين النقـاط i , i+1:

$$\frac{\partial A}{\partial t} \approx \frac{(A_{i+1}^{n+1} - A_i^{n+1}) - (A_{i+1}^n - A_i^n)}{2\Delta t} \quad (3.73)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} \approx \frac{(Q_{i+1}^{n+1} - Q_i^{n+1}) - (Q_{i+1}^n - Q_i^n)}{2\Delta t} \quad (3.74)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} \approx \frac{\theta(Q_{i+1}^{n+1} - Q_i^{n+1}) + (1-\theta)(Q_{i+1}^n - Q_i^n)}{\Delta x} \quad (3.75)$$

$$\frac{\partial (Q^2/A)}{\partial x} \approx \frac{\theta\left\{[Q^2/A]_{i+1}^{n+1} - [Q^2/A]_i^{n+1}\right\}}{\Delta x} + \frac{(1-\theta)\left\{[Q^2/A]_{i+1}^{n} - [Q^2/A]_i^{n}\right\}}{\Delta x} \quad (3.76)$$

$$A\frac{\partial h}{\partial x} \approx \theta \frac{(A_{i+1}^{n+1} + A_i^{n+1})}{2}\frac{(h_{i+1}^{n+1} - h_i^{n+1})}{\Delta x} + (1-\theta)\frac{(A_{i+1}^n + A_i^n)}{2}\frac{(h_{i+1}^n - h_i^n)}{\Delta x} \quad (3.77)$$

$$A \approx \theta \frac{(A_{i+1}^{n+1} + A_i^{n+1})}{2} + (1-\theta)\frac{(A_{i+1}^n + A_i^n)}{2} \quad (3.78)$$

$$AS_F \approx \theta \frac{(A_{i+1}^{n+1} + A_i^{n+1})}{2}\frac{(S_{f\,i+1}^{\,n+1} - S_{f\,i}^{\,n+1})}{\Delta x} + (1-\theta)\frac{(A_{i+1}^n + A_i^n)}{2}\frac{(S_{f\,i+1}^{\,n} - S_{f\,i}^{\,n})}{\Delta x} \quad (3.79)$$

عندما تتراوح قيمة عامل الوزن θ بين (0-1) فإن قيمة العامل θ=1 تعطي طريقة الحـل الضمني الكامل وعندما θ=0.5 تعطي طريقة الحل الصندوقي. تكون طريقة النقاط الأربع الضمنية مستقرة بلا قيود عندما $0.5 \le \theta \le 1$ وتزداد الدقة إذا ما اقتربت θ من 0 وينصح

بأخذ θ=0.55 من أجل أمواج الفيضان. بتعويض المعادلات (3.73),(3.75) في المعادلـة (3.2) نحصل على معادلة الاستمرار بشكل فروقات محدودة:

$$\frac{(A_{i+1}^{n+1}-A_i^{n+1})-(A_{i+1}^{n}-A_i^{n})}{2\Delta t}+\frac{\theta(Q_{i+1}^{n+1}-Q_i^{n+1})+(1-\theta)(Q_{i+1}^{n}-Q_i^{n})}{\Delta x}=0 \qquad (3.80)$$

$$\frac{(Q_{i+1}^{n}+Q_i^{n+1})-(Q_{i+1}^{n}-Q_i^{n})}{2\Delta t}\frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x}\approx$$

$$\frac{\theta\left\{\left[Q^2/A\right]_{i+1}^{n+1}-\left[Q^2/A\right]_{i}^{n+1}\right\}}{\Delta x}+\frac{(1-\theta)\left\{\left[Q^2/A\right]_{i+1}^{n}-\left[Q^2/A\right]_{i}^{n}\right\}}{\Delta x}+$$

$$g\theta\frac{(A_{i+1}^{n+1}+A_i^{n+1})}{2}\frac{(S_{f\,i+1}^{\;n+1}+S_{f\,i}^{\;n+1})}{2} \qquad (3.81)$$

$$+g(1-\theta)\frac{(A_{i+1}^{n+1}+A_i^{n})}{2}\frac{(S_{f\,i+1}^{\;n+1}+S_{f\,i}^{\;n+1})}{2}=0$$

وهنا، يمكن التنبؤ بالشروط الطرفيـة، فعلـى سـبيل المثـال لا الحصـر، إذا أعطـي هيدروغراف التيار العلوي، فإن معادلة حد التيار العلوي تكتب :

$$Q_i^{n+1}-Q_{up}^{n+1}=0 \qquad (3.82)$$

حيث Q_{up}^{n+1} هو التدفق المعطى للتيار العلوي عند مستوى الزمن n+1. بالمثل، إذا كانـت القناة تحمل جرياناً دون حرج ينتهي بسقوط حر، نستطيع افتراض أن الجريـان سـيكون حرجاً (Fr=1)عند الحافة. بالتالي تصبح المعادلة الطرفية:

$$\frac{Q_N^{n+1}(T_N^{n+1})^{1/2}}{\sqrt{g}(A_N^{n+1})^{3/2}}-1=0 \qquad (3.83)$$

حيث T: العرض العلوي للأقنية الطويلة. في بعض الأحيان نفترض أن الجريان يصـبح عادياً عند نهاية التيار السفلي. في هذه الحالة، معادلة حد التيار السفلي تكتب بالشكل:

$$S_{f\,N}^{\;n+1}-S_0=0 \qquad (3.84)$$

حيث S0 : الميل الطولي لقاع المجرى. شروط حدودية أخرى تكون ممكنة، فعلى سبيل المثال، إذا وجد هدار عند نهاية التيار السفلي، فإنه يجب على العلاقة بـين y_N, Q_N, A_N أن تحقق معادلة الهدار عند أي مستوى n1.

- إجراءات الحل:

الكميات المجهولة في معادلات الفروقات المحدودة الضمنية المذكورة في المقاطع السابقة هي Q_i^{n+1}, h_i^{n+1} من أجل i=1,2,3,…N يمكن أن يعبر عن المسـاحة والميـل بالاحتكـاك بحدود $S_{f\,i}^{\;n+1}$ Q_i^{n+1}, h_i^{n+1}تكون جميع الحدود الأخرى معروفة إما من الشروط الابتدائية أو

من الحسابات في خطوة الزمن السابقة، بالتالي، يمكن أن يعبر عـن المعـادلتين رمزيـاً كالتالي :

$$C_i\left[Q_i^{n+1},h_i^{n+1},Q_{i+1}^{n+1},h_{i+1}^{n+1}\right]=0 \qquad (3.85)$$

$$M_i\left[Q_i^{n+1},h_i^{n+1},Q_{i+1}^{n+1},h_{i+1}^{n+1}\right]=0 \qquad (3.86)$$

حيث يشير كل من Mi,Ci على التوالي إلى شكل الفروقات المحدودة لمعادلات الاستمرار و الحركة لمجرى الجريان بين النقاط i,i+1 بالتالي، يشار إلى معادلة حد التيـار العلـوي بB1 ومعادلة حد التيار السفلي ب BN. ويمكن كتابة المعـادلات (3.85),(3.86) لجميـع الأجزاء بدءاً من i=1 إلى (N-1)، وسنحصل على معادلات جبريـة خطيـة عـددها 2N بمجاهيل عددها 2N كالتالي:

$$\begin{aligned}
&B_1\left[Q_1^{n+1},h_1^{n+1}\right]=0\\
&C_1\left[Q_1^{n+1},h_1^{n+1},Q_2^{n+1},h_2^{n+1}\right]=0\\
&M_1\left[Q_1^{n+1},h_1^{n+1},Q_2^{n+1},h_2^{n+1}\right]=0\\
&C_2\left[Q_2^{n+1},h_2^{n+1},Q_3^{n+1},h_3^{n+1}\right]=0\\
&M_2\left[Q_2^{n+1},h_2^{n+1},Q_3^{n+1},h_3^{n+1}\right]=0 \qquad (3.87)\\
&C_i\left[Q_i^{n+1},h_i^{n+1},Q_{i+1}^{n+1},h_{i+1}^{n+1}\right]=0\\
&M_i\left[Q_i^{n+1},h_i^{n+1},Q_{i+1}^{n+1},h_{i+1}^{n+1}\right]=0\\
&C_{N-1}\left[Q_{N-1}^{n+1},h_{N-1}^{n+1},Q_N^{n+1},h_N^{n+1}\right]=0\\
&M_{N-1}\left[Q_{N-1}^{n+1},h_{N-1}^{n+1},Q_N^{n+1},h_N^{n+1}\right]=0\\
&B_N\left[Q_N^{n+1},h_N^{n+1}\right]=0
\end{aligned}$$

نستطيع استخدام طريقة نيوتن التكرارية العامة لحل هذه السلسلة مـن المعـادلات التـي عددها 2N ب2N مجهول معاً من أجل i=1,2,3,…N.

تبدأ الحسابات لعملية التكرار باختيار سلسلة من القيم التجريبية للمجاهيل Q_i^{n+1},h_i^{n+1} مـن أجل i=1,2,3,…N بتعويض هذه القيم التجريبية في الجانـب الأيسـر للمعـادلات(3.87) سـتعطي البـواقي rB1,rC1,rM1,rC2,rM2,rCi,rMi,……,rBn-1,rMN-1,rCN-1,rBN.

تكون هذه البواقي عادة لا تساوي الصفر، ولا تكون القيم التجريبية المفروضة للمجاهيل، عادة، الحلول الحقيقية. تحسب قيم جديدة لQ_i^{n+1},h_i^{n+1}من أجـل i=1,2,3,…N للتكـرار التالي لتدقيق البـواقي. نحصـل علـى هـذا بحسـاب التصـحيحات $\Delta Q_i\ ,\Delta h_i$ إلـى

$\Delta Q_i^{n+1}, \Delta h_i^{n+1}$ مـن أجـل i=1,2,3,…N، لـذلك تكـون الفروقـات الكليـة للتوابـع B1,C1,M1,C2,M2,Ci,Mi,…,Bn-1,MN-1,CN-1,BN مساوية لقيم سالبة فـي حسـاب البواقي بمعنى أن:

$$\frac{\partial B}{\partial Q_1^{n+1}}\Delta Q_1 + \frac{\partial B}{\partial h_1^{n+1}}\Delta h = -rB$$
$$\frac{\partial C_1}{\partial Q_1^{n+1}}\Delta Q_1 + \frac{\partial C_1}{\partial h_1^{n+1}}\Delta h_1 + \frac{\partial C1}{\partial Q_2^{n+1}}\Delta Q_2 + \frac{\partial C_1}{\partial h_2}\Delta h_2 = -rC_1$$
$$\frac{\partial M_1}{\partial Q_1^{n+1}}\Delta Q_1 + \frac{\partial M_1}{\partial h_1^{n+1}}\Delta h_1 + \frac{\partial M1}{\partial Q_2^{n+1}}\Delta Q_2 + \frac{\partial M_1}{\partial h_2}\Delta h_2 = -rM_1$$
$$\frac{\partial C_2}{\partial Q_2^{n+1}}\Delta Q_2 + \frac{\partial C_2}{\partial h_2^{n+1}}\Delta h_2 + \frac{\partial C_2}{\partial Q_3^{n+1}}\Delta Q_3 + \frac{\partial C_2}{\partial h_3}\Delta h_3 = -rC_2$$
$$\frac{\partial M_2}{\partial Q_2^{n+1}}\Delta Q_2 + \frac{\partial M_2}{\partial h_2^{n+1}}\Delta h_2 + \frac{\partial M_2}{\partial Q_3^{n+1}}\Delta Q_3 + \frac{\partial M_2}{\partial h_3}\Delta h_3 = -rM_2 \qquad (3.88)$$
$$\frac{\partial C_i}{\partial Q_i^{n+1}}\Delta Q_i + \frac{\partial C_i}{\partial h_i^{n+1}}\Delta h_i + \frac{\partial C_i}{\partial Q_{i+1}^{n+1}}\Delta Q_{i+1} + \frac{\partial C_i}{\partial h_{i+1}}\Delta h_{i+1} = -rC_i$$
$$\frac{\partial M_i}{\partial Q_i^{n+1}}\Delta Q_i + \frac{\partial M_i}{\partial h_i^{n+1}}\Delta h_i + \frac{\partial M_i}{\partial Q_{i+1}^{n+1}}\Delta Q_{i+1} + \frac{\partial M_i}{\partial h_{i+1}}\Delta h_{i+1} = -rM_i$$

………………

…………………

$$\frac{\partial C_{N-1}}{\partial Q_{N-1}^{n+1}}\Delta Q_{N-1} + \frac{\partial C_{N-1}}{\partial h_{N-1}^{n+1}}\Delta h_{N-1} + \frac{\partial C_{N-1}}{\partial Q_N^{n+1}}\Delta Q_N + \frac{\partial C_{N-1}}{\partial h_N}\Delta h_N = -rC_{N-1}$$
$$\frac{\partial M_{N-1}}{\partial Q_{N-1}^{n+1}}\Delta Q_{N-1} + \frac{\partial M_{N-1}}{\partial h_{N-1}^{n+1}}\Delta h_{N-1} + \frac{\partial M_{N-1}}{\partial Q_N^{n+1}}\Delta Q_N + \frac{\partial M_{N-1}}{\partial h_N}\Delta h_N = -rC_{N-1}$$
$$\frac{\partial B_N}{\partial Q_N^{n+1}}\Delta Q_N + \frac{\partial B_N}{\partial h_N^{n+1}}\Delta h_N = -rB_N$$

تشكل هذه المعادلات سلسلة من معادلات جبريـة خطيـة عـددها 2N ب2N مجهـول ΔQ_i ,Δh_i من أجل i=1,2,3,…N.

باختصار الدليل العلوي n+1، يمكن كتابة هذه المنظومة الخطية من المعـادلات بشـكل مصفوفة:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial B_1}{\partial Q_1} & \frac{\partial B_1}{\partial h_1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\partial C_1}{\partial Q_1} & \frac{\partial C_1}{\partial h_1} & \frac{\partial C_1}{\partial Q_2} & \frac{\partial C_2}{\partial h_2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\partial M_1}{\partial Q_1} & \frac{\partial M_1}{\partial h_1} & \frac{\partial M_1}{\partial Q_2} & \frac{\partial M_2}{\partial h_2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial C_2}{\partial Q_2} & \frac{\partial C_2}{\partial h_2} & \frac{\partial C_3}{\partial Q_3} & \frac{\partial C_3}{\partial h_3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial M_2}{\partial Q_2} & \frac{\partial M_2}{\partial h_2} & \frac{\partial M_3}{\partial Q_3} & \frac{\partial M_3}{\partial h_3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial C_{N-1}}{\partial Q_{N-1}} & \frac{\partial C_{N-1}}{\partial h_{N-1}} & \frac{\partial C_N}{\partial Q_N} & \frac{\partial C_N}{\partial h_N} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial M_{N-1}}{\partial Q_{N-1}} & \frac{\partial M_{N-1}}{\partial h_{N-1}} & \frac{\partial M_N}{\partial Q_N} & \frac{\partial M_N}{\partial h_N} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial B_N}{\partial Q_N} & \frac{\partial B_N}{\partial h_N} \end{bmatrix} * \tag{3.89}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta Q_1 \\ \Delta h_1 \\ \Delta Q_2 \\ \Delta h_2 \\ \Delta Q_3 \\ \Delta h \\ . \\ . \\ . \\ \Delta Q_N \\ \Delta h_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -rB_1 \\ -rC_1 \\ -rM_1 \\ -rC_2 \\ -rM_2 \\ . \\ . \\ . \\ -rC_{N-1} \\ -rM_{N-1} \\ -rB_N \end{bmatrix}$$

إن حل هذه المنظومة بأي طريقة كطريقة الحذف لغاوص (Gaussian)، تعطي تصحيحات القيم التجريبية ل Q_i^{n+1}, h_i^{n+1} للتكرار التالي أي:

$$(Q_i^{n+1})_{K+1} = (Q_i^{n+1})_K + (\Delta Q_i)_K \tag{3.90}$$

$$(h_i^{n+1})_{K+1} = (h_i^{n+1})_K + (\Delta h_i)_K \tag{3.91}$$

حيث يشير كل من k,k+1 إلى حلقات تكرارية متسلسلة. تكرر هذه العملية حتى تتناقص التصحيحات إلى قيم مقبولة . يعتمد عدد التكرارات المطلوبة، للوصول إلى دقة الحل المنشودة، على تقارب القيم التجريبية الأولى من النتائج الحقيقية.

- عناصر مصفوفة العوامل:

نحسب عناصر مصفوفة العوامل الموضحة في المعادلة (3.89) عن طريق حساب المشتقات الجزئية للجانب الأيسر في معادلات الفروقات المحدودة (المعادلات(3.80) إلى (3.84)) وذلك بالنسبة للمتغيرات المجهولة المطلوب حسابها، في حال كان الشرط الحدودي للتيار العلوي معطى في شكل المعادلة و بحذف الدليل العلوي n+1 للاختصار نحصل على:

$$\frac{\partial B_1}{\partial Q_1} = 1 \qquad (3.92)$$

$$\frac{\partial B_1}{\partial h_1} = 0 \qquad (3.93)$$

بالمثل، بفرض أن الشرط الحدودي للتيار السفلي معطى كما في المعادلة (3.84). بإعادة صياغة المعادلة الخاصة بالميل بالاحتكاك Sf ينتج:

$$S_f = \frac{n^2 P^{4/3} Q|Q|}{K_n^{\ 2} A^{10/3}} \qquad (3.94)$$

نستطيع كتابة:

$$\frac{\partial B_N}{\partial Q_N} = \frac{\partial S_{f\,N}}{\partial Q_N} = \frac{2n^2 P_N^{\ 4/3} |Q_N|}{K_n^{\ 2} A_N^{\ 10/3}} \qquad (3.95)$$

$$\frac{\partial B_N}{\partial h_N} = \frac{\partial S_{f\,N}}{\partial h_N} = \frac{n^2 Q_N |Q_N|}{K_n^{\ 2} A_N^{\ 20/3}} \left(\frac{4}{3} P_N^{\ 1/3} \frac{\partial P_N}{\partial h_N} A_N^{\ 10/3} - \frac{10}{3} A_N^{\ 7/3} \frac{\partial A_N}{\partial h_N} P_N^{\ 4/3}\right) \qquad (3.96)$$

حيث تحسب $\partial P/\partial h$ و$\partial A/\partial h$ اعتماداً على خصائص المقطع العرضي.

المعادلة (3.80)هي معادلة الاستمرار للمجرى بين النقطتين iو i+1 بحذف الدليل العلوي n+1 بغرض الاختصار.

المشتقات الجزئية للجانب الأيسر في المعادلة هي:

$$\frac{\partial C_i}{\partial Q_i} = -\frac{\theta}{\Delta x} \qquad (3.97)$$

$$\frac{\partial C_i}{\partial h_i} = \frac{1}{2\Delta t} \frac{\partial A_i}{\partial h_i} \qquad (3.98)$$

$$\frac{\partial C_i}{\partial Q_{i+1}} = \frac{\theta}{\Delta x} \quad (3.99)$$

$$\frac{\partial C_i}{\partial h_{i+1}} = \frac{1}{2\Delta t}\frac{\partial A_{i+1}}{\partial h_{i+1}} \quad (3.100)$$

المعادلة (3.81)هي معادلة الحركة للمجرى بين النقطتين i وi+1 بحذف الدليل العلوي n+1 للاختصار

المشتقات الجزئية للجانب الأيسر من المعادلة (3.81) هي:

$$\frac{\partial M_i}{\partial Q_i} = \frac{1}{2\Delta t} - \frac{2\theta Q_i}{A_i \Delta x} + g\theta\frac{(A_{i+1}+A_i)}{4}\frac{\partial S_{f\,i}}{\partial Q_i} \quad (3.101)$$

$$\frac{\partial M_i}{\partial h_i} = \frac{\theta}{\Delta x}\frac{Q_i^2}{A_i^2}\frac{\partial A_i}{\partial h_i} - g\theta\frac{(A_{i+1}+A_i)}{2\Delta x} + g\theta\frac{(h_{i+1}-h_i)}{2\Delta x}\frac{\partial A_i}{\partial h_i} + g\theta\frac{S_{f\,i+1}+S_{f\,i}}{4}\frac{\partial A_i}{\partial h_i} + g\theta\frac{(A_{i+1}+A_i)}{4}\frac{\partial S_{f\,i}}{\partial h_i} \quad (3.102)$$

$$\frac{\partial M_i}{\partial Q_{i+1}} = \frac{1}{2\Delta t} + \frac{2\theta Q_{i+1}}{A_i \Delta x} + g\theta\frac{(A_{i+1}+A_i)}{4}\frac{\partial S_{f\,i+1}}{\partial Q_{i+1}} \quad (3.103)$$

$$\frac{\partial M_i}{\partial h_{i+1}} = -\frac{\theta}{\Delta x}\frac{Q_{i+1}^2}{A_{i+1}^2}\frac{\partial A_{i+1}}{\partial h_{i+1}} + g\theta\frac{(A_{i+1}+A_i)}{2\Delta x} + g\theta\frac{(h_{i+1}-h_i)}{2\Delta x}\frac{\partial A_{i+1}}{\partial h_{i+1}} + g\theta\frac{S_{f\,i+1}+S_{f\,i}}{4}\frac{\partial A_{i+1}}{\partial h_{i+1}} + g\theta\frac{(A_{i+1}+A_i)}{4}\frac{\partial S_{f\,i+1}}{\partial h_{i+1}}$$

(3.104)

بالرجوع إلى المعادلة (3.94) نستطيع حساب المشتقات الجزئيـة للميـل بالاحتكـاك Sf كالتالي:

$$\frac{\partial S_{f\,i}}{\partial Q_i} = \frac{2n^2 P_i^{4/3}|Q_i|}{K_n^2 A_i^{10/3}} \quad (3.105)$$

$$\frac{\partial S_{f\,i}}{\partial h_i} = \frac{n^2 Q_i|Q_i|}{K_n^2 A_i^{20/3}}\left(\frac{4}{3}P_i^{1/3}\frac{\partial P_i}{\partial h_i}A_i^{10/3} - \frac{10}{3}A_i^{7/3}\frac{\partial A_i}{\partial h_i}P_i^{4/3}\right) \quad (3.106)$$

تحسب الحدود $\partial P/\partial h$ و$\partial A/\partial h$ استناداً إلى الخصائص الهندسية للمقطع العرضي.

٥- مقارنة بين طرق الحل العددية :

ثمة طرق عددية كثيرة طُورت من أجل حل المعادلات التفاضلية الجزئيـة للجريـان غير الدائم. بعض من هذه الطرق مطبق أكثر على أنواع معينة من المشـاكل الهندسـية. وقد أصبحت النماذج العددية، مع تطور الحواسيب خياراً قوياً ومتاحاً لدراسة الموجـات الفيضانية.

يجب أن تكون الطريقة العددية المستخدمة متفقة ومتقاربة ومستقرة لتعطي نتائج مقبولـة. تكون الطرق العددية متفقة إذا كانت المعادلات الناظمة قد تم الحصول عليها من معادلات الفروقات المحدودة عندما Δx وΔt تقتربان من الصفر. وتكون الطرق العددية متقاربـة عندما تصغر قيمتا Δx وΔt. ترتبط التوافقية بالمعادلات والتقارب بحل هـذه المعـادلات وتكون الطريقة العددية مستقرة حسابياً إذا كانت أخطاء الاختصار والتـدوير لا تتـراكم لتسبب حلاً متباعداً.

أما إذا كانت الطرق العددية غير مستقرة فإن تغيرات بسيطة في النموذج المدخل (مـثلا خشونة ماننغ أو التزايد الزمني Δt) قد تؤدي إلى تغيرات كبيرة جداً في النتائج.

من العرض السابق للطرق العددية، يتبين أن الفائدة الهامة للطريقة الضمنية تكمـن فـي الاستقرارية غير المشروطة أي دون وجود حدود على خطوة الزمن. بالإضـافة لـذلك ، التراص في طريقةpreissman الضمنية يمكنها من التطبيق بخطوات مكانيـة لأطـوال مختلفة. نتيجة لذلك، أصبحت طريقةpreissman شائعة جداً للتطبيق في الأنهار الكبرى في هيدروغرافات الفيضان أو الجريان الناتج عن تحطم السدود، تكون أطوال المجرى في مثل هذه التطبيقات متغيرة بسبب التغيرات في هندسة المجرى و الخشـونة فـي اتجـاه الجريان. بالإضافة لذلك، يكون غياب الحدود على خطوة الزمن مفيـداً لهيـدروغرافات الفيضان التي تملك زمن قاعدة طويلاً لتجنب حسابات الزمن الكثيرة.

للمقارنة بين طريقة المميزات و الفروقات المحدودة الضمنية تم فرض مقطـع عرضـي مركب لقناة ذات خصائص هندسية محددة. وقورنت النتائج المحسوبة بالطرق الثلاث، مع هيدروغرافات مقاسة لفيضانات مختلفة، فأظهرت النتائج دقة متشابهة.

تكون الطريقة الضمنية أكثر عملية، حيث تتطلب الطريقة الصريحة خطوات زمنيـة ذات تباعدات صغيرة للحفاظ على الاستقرارية. فمن أجل مسافة جزئية قدرها 4.8 km تحتـاج الطريقة الصريحة إلى خطوة زمنية قدرها 0.025 ساعة، بينما تكـون الخطـوة الزمنيـة للمسافات نفسها في الطريقة الضمنية، 20 ساعة.

على الرغم من أن الخطوات الزمنية الأقصر يكون مرغوباً بها في حال حدوث تغيـرات سريعة في التدفق أو المنسوب.

طريقتا الحل الصريح والمميزات أقل خطأً عندما تساوي $\Delta x / \Delta t$ تقريباً لسرعة courant الأعظمية v+c أي عددcourant يساوي 1. بينما تكون الطريقة الضمنية أقل خطأً عنـدما



تساوي ($\Delta x/\Delta t$) تقريباً سرعة الموجة الأحادية الميل. ويعطي هذا فواصل زمنية أكبر تكون مسموحة في الطرق الضمنية أكثر من أي طريقة أخرى، وذات كفاءة حسابية أكبر. علاوة على ذلك، يكون الخطأ في الطريقة الضمنية أقل حساسية للتغيرات في Δt من أجل قيمة ثابتة Δx.

٣-٣-٤- اختيار الطريقة المناسبة :

قام الباحثون بدراسات في محاولة لتحديد أي طريقة من طرق المسار هي الأفضل، قام ستريكوف (Strelkoff)، بمقارنة النموذج الكينماتي ونموذج التشتت مع المعادلة الكاملة لسانت فينانت كأساس للمقارنة.

فوجد أن نموذج التشتت يعطي نتائج قريبة من معادلة سانت فينانت، في حين أن باقي الطرق تعطي نتائج، تحت شروط محددة، كما هو مشروح بالمقاطع السابقة.

تطبق النماذج الهيدروليكية والهيدرولوجية عادةً، على قناة ذات ميل أكبر من 10 قدم بالميل (10ft/mile=0.002). تفشل الطرق الهيدرولوجية عندما يكون الميل 2ft/mile=0.0004 أو أقل. طريقة ماسكينغام- كونج هي الأكثر منطقية بين الطرق الهيدرولوجية، إذ أنها تختار جزئياً من معادلة الحركة. يستخدم، من أجل الحالات التي يكون فيها الميل أقل من 0.0004=2ft/mile، فقط، نموذج الجريان غير الدائم الكامل.

قارنت السيدة لونغ (Long) طرق ماسكينغام وماسكينغام- كونج، تعديل أتي-كين المعدلة لقناتين موشوريتين في حال وجود تخزين فائض وفي حال عدم وجوده مع استخدام ثلاثة أنواع مختلفة من الهيدروغرافات.

وجدت Long أن طرق ماسكينغام تعطي نتائج أكثر قرباً لمعادلات سانت فينانت بالنسبة لتدفق الذروة والزمن والحجم.

يجب أخذ عوامل كثيرة بالاعتبار من أجل اختيار الطريقة المناسبة، ومن هذه العوامل الميل الطولي للقناة وخصائص المخطط المائي (الهيدروغراف) ونوع الجريان (هل هو فوق الحرج أم دون الحرج) وكذلك درجة الدقة المطلوبة ونوع البيانات وتوفرها والتسهيلات الحسابية المتوفرة والتكاليف الحسابية.

(١) تأثيرات الماء الخلفي :

يمكن أن تنشأ تأثيرات الماء الخلفي بواسطة التغيرات الناتجة عن المد والجزر أو التدفقات الداخلة الجانبية أو السدود أو الجسور أو العبارات أو تضايق القناة. الموجة الفيضانية

التابعة لتغيرات الماء الخلفي ستنخفض وستتأخر في الزمن. الطرق الهيدرولوجية المناقشة سابقاً غير قادرة على ربط تغيرات الماء الخلفي مع الحل. مـن الطـرق الهيدروليكيـة المناقشة فقط طريقة الموجة الكينماتية غير قادرة على حساب تأثيرات الماء الخلفـي فـي موجة الفيضان. حيث أن معادلات الموجة الكينماتية تعتمد على فرضيات الجريان المنتظم والشرط الحدودي للتيار السفلي المتعلق بالعمق الطبيعي.

(٢) سهول الفيضان :

عندما يصل المخطط المائي الفيضاني إلى قيمة أكبر من سعة تحمل المجرى فـإن المـاء يفيض على جانبي القناة. بالاعتماد على المعالم المميزة الضفاف، يمكن للجريان أن يتباطأ كثيراً، وغالباً ما تحصل بركة من الماء. تأثيرات سهول الفيضان في موجة الفيضان قـد تكون واضحة، عرض سهل الفيضان، ميله في الاتجاه الفرعي، مقاومة الجريـان نتيجـة الغطاء النباتي في سهل الفيضان كلها عوامل هامة لتقدير امتداد سهل الفيضان المؤثر في المخطط المائي. من أجل الجريان الأحادي البعد يتم حساب الخصائص الهندسـية للقنـاة الرئيسية ولمساحات الضفاف كل منها بشكل منفصل ثم يتم دمجها لتشكيل سلسلة مركبـة من العلاقات الهيدروليكية ويمكن تطبيق هذا على جميع طرق المسار، المناقشة سابقاً، ما عدا طريقة ماسكينغام، حيث أنها طريقة مسار خطية تستخدم المعاملات للحسـاب وهـذه المعاملات تبقى عادة ثابتة خلال موجة الفيضان المعطاة.

(٣) ميل المجرى وخصائص الهيدروغراف :

يؤثر ميل المجرى في سرعة موجة الفيضان وفي كمية التخفيض الحاصلة أثنـاء عمليـة المسار. تسرع الأقنية الشديدة الميل موجة الفيضان، بينما تبطئ الأقنيـة خفيفـة الميـل، السرع، وتكبر قيمة التخفيض في جميع طرق المسار المعروفـة سـابقاً فقـط معـادلات الجريان غير الدائم الكاملة قادرة على دراسة موجات الفيضان خلال الأقنية التي تتـراوح من ميول شديدة إلى ميول مسطحة جداً.

تبدأ الكثير من طرق المسار بالتعطل عندما تصبح ميول القناة مسطحة. فقـط معـادلات الموجة الكينماتية يمكن تطبيقها من أجل ميول (10ft/mile=0.002) أو أكثـر. وحيـث أن تقريبات تشتت الموجة تتضمن حد تفاضل الضغط في معادلة كمية الحركة فإنهـا تكـون قابلة للتطبيق لمجال واسع من الميول أكثر من معادلات الموجة الكينماتيـة، فـيمكن أن تستخدم لمسار موجات الفيضان البطيئة الصعود خلال الميول المسطحة بشدة، ولكنهـا لا

تتضمن حدود التسارع لذلك قد تنتج أخطاء في كمية التشـتت الحاصـلة عنـد دراسـة هيدروغرافات سريعة الصعود خلال ميول قناة مسطحة. إذاً لا بد من الاهتمام بكل مـن ميل القناة وزمن صعود الهيدروغراف الداخل معاً لتحديد فيما إذا كانت الطريقـة قابلـة للتطبيق أم لا.

(أ) وضع السيدان بونس و يفجيفيش (Ponce وYevjevich) حدوداً عددية لقابلية تطبيـق الطرق الهيدروليكية، وفقاً لـPonce، يكون الخطأ نتيجة استخدام طريقة الموجة الحركيـة بحدود 5 بالمائة وبذلك يجب أن تتحقق بالمتراجحة التالية:

$$\frac{TS_0U_0}{d_0} \geq 171 \qquad (3.107)$$

حيث:

T: مدة الهيدروغراف بالثواني.

S0: ميل القاع.

d0: عمق الجريان المرجعي.

عند تطبيق المعادلة (3.107) لتدقيق صحة استخدام نموذج الموجـة الحركـي، يجـب أن تتطابق القيم المرجعية لتكون قريبة قدر الإمكان من شروط الجريان الوسـطية للمخطـط المائي.

(ب) الخطأ نتيجة استخدام نموذج الموجة المشـتتة هـو 5 بالمائـة، بحيـث تتحقـق المتراجحة التالية:

$$T\, S_0 (\frac{g}{d_0})^{1/2} \geq 30 \qquad (3.108)$$

(ت) طريقة ماسكينغام- كونج هي إحدى الطرق الهيدرولوجية القابلة للتطبيق على مجال واسع من ميول القناة والهيدروغرافات الداخلة. وبما أن هذه الطريقة هي تقريب لمعادلات الموجة المشتتة فإنها قابلة للتطبيق على قناة ذات ميول بمجال مشابه في القيمة. لـن يـتم تطبيق الطرق الهيدرولوجية الأخرى على أقنية بميول أقل من 0.0004=2ft/mile.

(ث) شبكات الجريان: إذا لم تسبب جريانات الرافد أو جريانات القنـاة الرئيسـية، فـي أنظمة الجريان الشجرية، تأثيراً مهماً للماء الخلفي عند نقطة التقاء المجريين، فإن أياً مـن الطرق الهيدرولوجية أو الهيدروليكية يمكن أن تطبق. في حال كان هناك تأثير هام للمـاء الخلفي عند نقطة التقاء المجريين يجب أن تطبق الطرق الهيدروليكيـة التـي يمكـن أن

تحسب الماء الخلفي (الجريان غير الدائم الكامل و الموجة المشتتة). من أجل الشبكات الكاملة حيث يقسم الجريان وربما يغير اتجاهه، يمكن فقط تطبيق معادلات الجريان غير الدائم الكاملة ومعادلات الموجة المشتتة.

(ج) الجريان تحت الحرج و فوق الحرج: أثناء عملية الفيضان، قد يخضع المجرى لتحول بين مناطق الجريان دون الحرج و فوق الحرج إذا كانت أطوال أجزاء الجريان فوق الحرج طويلة، أو هامة لحساب المنسوب الدقيق خلال المجرى، فإن الانتقال بين الجريان فوق الحرج و دون الحرج يجب أن يعامل كشرط حدودي داخلي و مجرى الجريان فوق الحرج يعامل كمسار منفصل. ويطبق هذا عادةً في الطرق الهيدروليكية. لا يمكن تطبيق الطرق الهيدرولوجية حيث أنها تهتم فقط بحساب التدفقات دون المناسيب. بالتالي، عندما يكون المهم حساب هيدروغراف التدفق فقط وليس المناسيب وعندما تكون مجاري الجريان فوق الحرج قصيرة فإن الطرق الهيدرولوجبة يمكن أن تستخدم.

(ح) البيانات المقاسة: بشكل عام، تكون طرق المسار ذات الاعتماد الفيزيائي مفضلة و أسهل في التطبيق إذا توفرت قياسات. يجب أن تحسب جميع الطرق عند توفر البيانات للربط بين التدفقات المقرونة أو المناسيب كأفضل ما هو ممكن. تعتبر الطرق الهيدروليكية، مثل طريقة ماسكينغام كنج ذات اعتماد فيزيائي حيث أن بارامتر واحد (معامل الخشونة) يجب أن يقدر أو يحسب . قد تمتلك الطرق الهيدرولوجية أكثر من بارامتر واحد للتقدير أو الحساب. العديد من هذه البارامترات، مثل ثابتة ماسكينغام x وعدد الأجزاء (N steps)، غير مرتبطة مباشرة بالفحوص الفيزيائية للقناة والهيدروغراف الداخل. لذلك فإن هذه الطرق عادة غير مستخدمة في المحطات غير المقاسة.

يجب على المهندس أخذ جميع العوامل في الاعتبار عند اختيار طريقة المسار المناسبة للمشكلة المحددة.

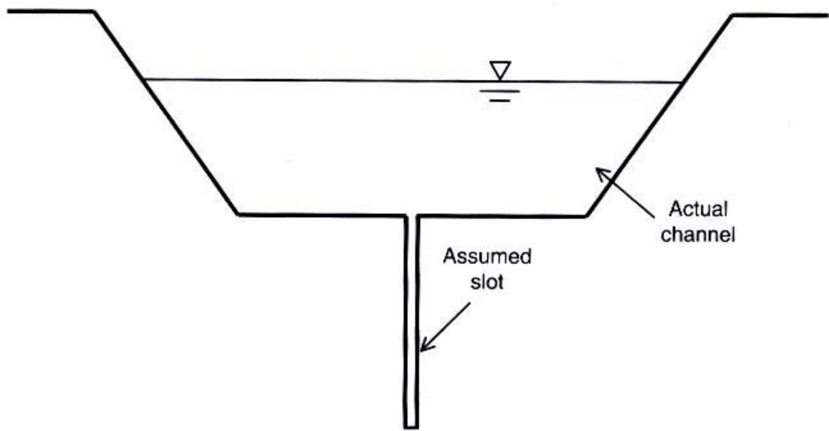
يتضمن الجدول قائمة لبعض العوامل المناقشة سابقاً، مع بعض التوجيهات لاستخدام الطرق المناسبة وغير المناسبة:

الجدول (2-3) اختيار طريقة مسار المجرى المناسبة

العوامل المعتبرة في اختيار الطريقة	الطرق المناسبة	الطرق غير المناسبة
١- لا تتوفر بيانات هيدروغرافات مقاسة للحساب	- الموجة الديناميكية الكاملة - الموجة المشتتة - الموجة الكينامنيتية - ماسكينغام- كنغ	- ماسكينغام
٢- تأثير الماء الخلفي يكون هاماً على تدفقات الهيدروغرافات	- الموجة الديناميكية الكاملة - الموجة المشتتة	- الموجة الحركية - ماسكينغام - ماسكينغام – كونغ
٣- موجة الفيضان تصل إلى سهول الفيضان	- جميع الطرق الهيدرولوجية والهيدروليكية التي تحسب الخصائص الهيدروليكية للقناة الرئيسية منفصلة عن الضفاف	- ماسكينغام
٤- ميل المجرى>0.002 و: $\frac{T\ S_0 U_0}{d_0} \geq 171$	- جميع الطرق المقدمة	- لا يوجد
٥- ميل المجرى من0.002 إلى 0.0004 و: $\frac{T\ S_0 U_0}{d_0} < 171$	- الموجة الديناميكية الكاملة - الموجة المتشتتة - ماسكينغام	- الموجة الحركية
٦- ميل المجرى <0.0004 و: $T\ S_0 (\frac{g}{d_0})^{1/2} \geq 30$	- الموجة الديناميكية الكاملة - الموجة المشتتة - ماسكينغام- كونغ	- الموجة الحركية - ماسكينغام
٧- ميل المجرى <0.0004 و: $T\ S_0 (\frac{g}{d_0})^{1/2} < 30$	- الموجة الديناميكية الكاملة	- جميع الباقي

٣-٣-٥-اعتبارات خاصة :

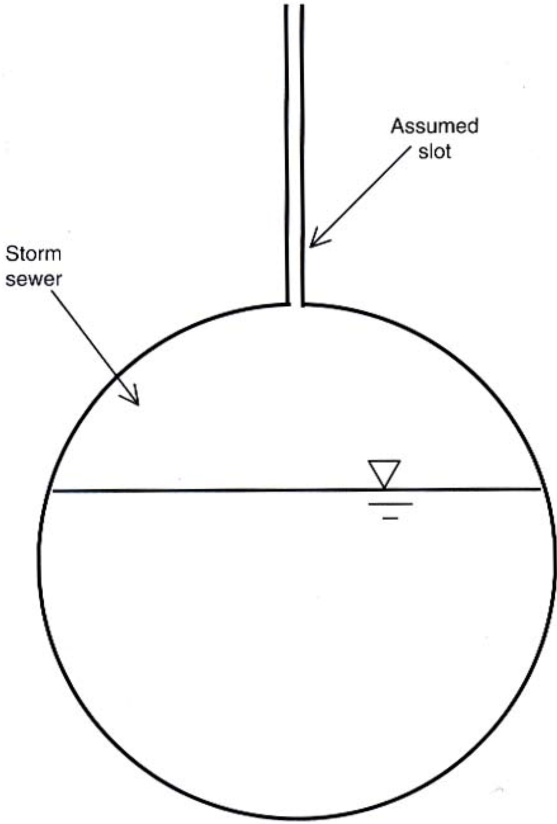
عندما تطبق نماذج الجريان غير الدائم على أقنية التصريف، تحدث صعوبات عديدة إذا كان هناك أجزاء من القناة تجف بعد حدوث الهطول المطري. لتجنب هذه الصعوبات يجب أن نحافظ ظاهرياً على وجود تدفق صغير في القناة. ويفترض أن يكون الجريان صغيراً بما يكفي حتى لا يؤثر في النتائج. وللحفاظ على أعماق جريان غير صفرية، نستطيع أن نفرض أن هناك ثلماً خندقياً (شقاً) ملحقاً بقاع القناة، الشكل(3-7)، إذ سيضمن وجود هذا الشق المفروض أعماقاً موجبة تبقى على طول القناة عندما تجف القناة الحقيقية. يجب أن يكون الشق ضيقاً بما يكفي حتى لا يؤثر في خصائص المقطع العرضي لمقطع القناة،مثل مساحة الجريان ونصف القطر الهيدروليكي، وبذلك لن تتأثر النتائج. استخدم كيوري (Currey) بنجاح تفعيل وعدم تفعيل شق القاع. تفعيل الشق فقط عندما ينخفض العمق الحقيقي إلى قيمة أقل من القيمة المحددة.



الشكل (3-7) شق القاع المفروض لنماذج أقنية تتعرض للجفاف

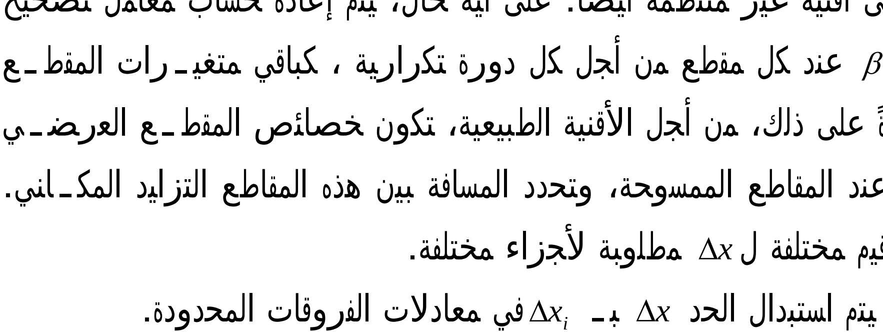
سوف نصادف نوعاً آخر من المشاكل في حسابات الجريان غير الدائم بما يخص مصارف العواصف. تطبق معادلات سانت فينانت على الجريان في مصارف العواصف عندما يكون المصرف ممتلئاً جزئياً. تبعاً لزيادة قيم الجريان أثناء حوادث الفيضان، فإنه من الممكن أن تمتلئ مصارف العواصف (تصبح مقاطع مليئة) في بعض أو كل المقاطع. نحتاج في هذه الحالة، إلى مجموعة مختلفة من المعادلات بما يخص المقاطع المليئة. على الرغم من أن معادلات الجريان المليء (معادلات جريان أنبوب تكييف الضغط)، تكون متوفرة و مفهومة جيداً، فإن الانتقال من معادلات سانت فينانت إلى معادلات الجريان

المليء يشكل صعوبةً و يسبب مشاكل عدم استقرار عددية. لتسهيل حل هذه المشكلة فـإن شقاً افتراضياً يلحق بأعلى المصرف. كما هو مبين بالشكل (3.8). باستخدام هـذا الشـق الضيق، ينتقل مقطع الجريان المضغوط افتراضياً إلى مقطع القناة المكشوفة المفروضـة. عندما يصبح الجريان في المقطع الحقيقي مضغوطاً سيرتفع سطح الماء في الشـق فـي المقطع الافتراضي، يمثل الارتفاع في سطح الماء في الشق الحمولة الهيدروليكية للجريان المضغوط الحقيقي. بالتالي، عند مقدمة الشق، يحافظ على سطح حر (افتراضياً في بعض المقاطع) على طول المصرف ويمكن تطبيق معادلات سانت فينانت دون الحاجة لاستخدام معادلات الجريان المضغوط.



الشكل (3-8) شق بريسمان (Preissmann)

عندما نطبق معادلات سانت فينانت على أقنية طبيعية ذات مقاطع عرضية غير منتظمـة، فإنه من الهام حساب تغيرات السرعة في مقطع القناة يمكن القيام بهذا بأخذ معامل تصحيح كمية الحركة β في معادلة الحركة (انظر المعادلة(3.11)). بوجود معامل تصحيح كميـة الحركة، يمكن أن تطبق علاقات الفروقات المحدودة، المقدمة في المقاطع السابقة، للأقنية



الموشورية، على أقنية غير منتظمة أيضاً. على أية حال، يتم إعادة حساب معامل تصحيح كمية الحركة، β عند كل مقطع من أجل كل دورة تكرارية ، كباقي متغيرات المقطع العرضي علاوةً على ذلك، من أجل الأقنية الطبيعية، تكون خصائص المقطع العرضي متوفرة، فقط، عند المقاطع الممسوحة، وتحدد المسافة بين هذه المقاطع التزايد المكاني. غالباً ما تكون قيم مختلفة ل Δx مطلوبة لأجزاء مختلفة.

في هذه الحالة، يتم استبدال الحد Δx بـ Δx_i في معادلات الفروقات المحدودة.

الفصل الرابع

تأثير التدفقات الفرعية في التدفقات الرئيسية

إن التدفقات الداخلة من الروافد إلى المجرى الرئيسي تؤثر في شروط الجريان، في المجرى الرئيسي إذ أنها تغير قيمة التدفق وأعماق الماء فيه.
ويرتبط تأثير التدفقات القادمة من المجاري الفرعية في المجرى الرئيسي بكل من الزاوية المحصورة بين المجرى الفرعي والمجرى الرئيسي، ونسبة التدفق في المجرى الفرعي إلى التدفق في المجرى الرئيسي وكذلك التقاء تدفقات الذروة المتشكلة في المجرى الفرعي مع تدفقات الذروة الموجودة في المجرى الرئيسي .

١- الزاوية المتشكلة بين المجرى الفرعي والمجرى الرئيسي :

تؤثر تغيرات الزاوية بين المجرى الفرعي والمجرى الرئيسي في أعماق الماء في المجرى الرئيسي في نقطة الالتقاء بين المجرى الفرعي والمجرى الرئيسي .
لذلك يتم دراسة تأثيرات تغيرات هذه الزاوية بتثبيت كل من التدفقات في المجرى الرئيسي والمجرى الفرعي إن تغير الزاوية يؤثر في تغير كمية الحركة القادمة من المجاري الفرعية.

يعطى التدفق الجانبي بـ :

$$q_l = \frac{Q_l}{b_l} \qquad (4.1)$$

وتعطى سرعة التدفق الجانبي:

$$u_l = \frac{Q_l}{A_l}\cos\alpha \qquad (4.2)$$

حيث :

Q_l: التدفق في نهاية المجرى الفرعي m^3/s .

b_l : عرض المجرى الفرعي عند نقطة الالتقاء m .

A_l : مساحة المقطع العرضي للرافد عند نقطة الالتقاء m^2 .

θ : الزاوية بين المجرى الرئيسي والفرعي.

٢- نسبة التدفق الفرعي إلى التدفق الرئيسي :

يتم دراسة هذه الحالة بتثبيت الزاوية بين المجرى الرئيسي والمجرى الفرعي ومن ثم تغيير نسبة التدفق الفرعي إلى التدفق الرئيسي. وبتثبيت قيمة التدفق في المجرى الرئيسي فإنه يمكننا دراسة مدى تأثير التدفق الفرعي في تغيرات الجريان في المجرى الرئيسي.

٣- تأثير التقاء تدفقات الذروة في ارتفاعات الماء :

من أجل دراسة تأثير التقاء تدفقات الذروة في المجرى الفرعي مع تدفقات الذروة في المجرى الرئيسي في التغيرات التي تحدث في أعماق الماء فإنه ستتم الدراسة من أجل ثلاث حالات :

- الحالة الأولى : عندما تلتقي تدفقات الذروة في المجرى الرئيسي، باللحظة نفسها، مع تدفقات الذروة في المجرى الفرعي في نقطة الاتصال بينهما.

- الحالة الثانية : عندما تصل تدفقات الذروة في المجرى الفرعي إلى نقطة الاتصال قبل وصول تدفقات الذروة في المجرى الرئيسي إلى النقطة نفسها.

- الحالة الثالثة : عندما تصل تدفقات الذروة في المجرى الفرعي إلى نقطة الوصل بعد وصول تدفقات الذروة في المجرى الرئيسي إليها.

الوجه التطبيقي للبحث :

استعرضنا في كل ما سبق الأفكار النظرية والمعادلات الحاكمة لجريان الأمواج الفيضانية في الأقنية المكشوفة. الآن سننتقل إلى الطرق التطبيقية المتبعة في دراسة حركة الأمواج الفيضانية وتصميم الأقنية المكشوفة المخصصة لتمرير التدفقات الحاملة لهذه الأمواج الفيضانية ومن ثم سنخرج باستنتاجات تتعلق بطرق تصميم القناة والوفر الاقتصادي الممكن.... ، (يتم استعراض الطريقة الروسية المتبعة في تصميم القناة ثم تقارن مع طريقة البحث التصميمية) ثم تتم المقارنة الاقتصادية عن طريق سرد مثال لقناة مكشوفة مع الحسابات اللازمة

الفصل الخامس

منطقة الدراسة

▪ مشروع ري واستصلاح أراضي سهول حلب: يقع هذا المشـروع ضـمن أراضـي محافظتي حلب وإدلب، ويحده من الشرق منطقة جبرين ومن الشمال الحـدود السـورية التركية ومن الغرب محافظة إدلب ومن الجنوب سراقب وأبـو الظهـور. ويقسـم إلـى مشروعين:

a. مشروع سهول حلب الشمالية

b. مشروع سهول حلب الجنوبية: تبلغ المساحة الإجمالية للمشروع 92 ألف هكتار ويقسم إلى:

١- المساحة التي ستروى بالمياه العذبة من قناة جر مسكنة الرئيسـية وتبلـغ 65 ألـف هكتار:

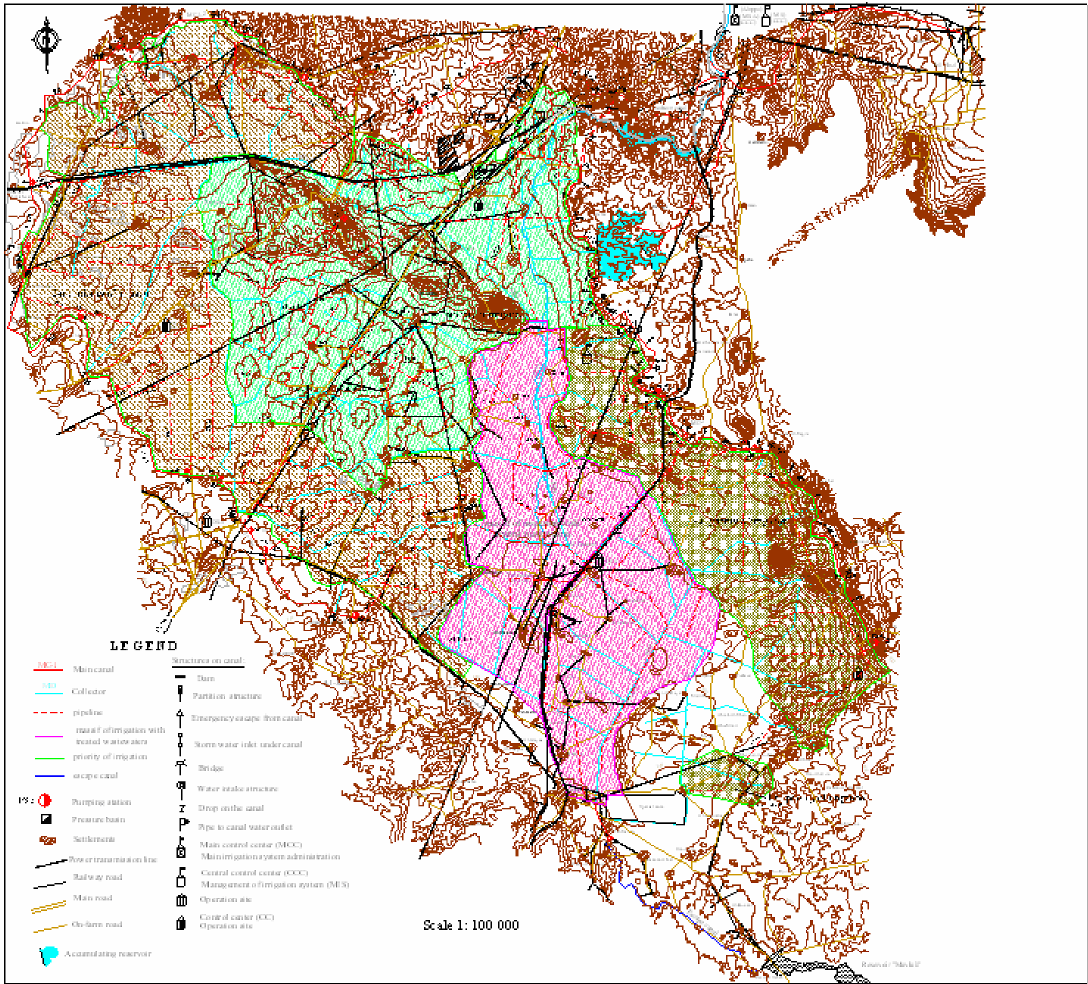
- الأولوية الأولى : على مساحة25.5 ألف هكتار، حيث يجري تنفيذ استصلاحها حالياً.
- الأولوية الثانية : على مساحة25 ألف هكتار وتقع إلى الغرب والجنوب من الأولوية الأولى.
- الأولوية الثالثة : على مساحة 15ألف هكتار وتقع إلـى الشـرق والجنـوب مـن المشروع ككل.

١- المساحة التي ستروى بالمياه المعالجة (من محطة معالجة مياه صرف حلب) وتبلـغ هذه المساحة حوالي 22 ألف هكتار إضافة لمعالجة مياه الغمر في منطقة السيحة ويتكـون هذا المشروع من:

- سد خان طومان مع قناة التوريد MC-S: طول السد 6 كم وارتفاعه 36.5 م وعـرض العتبة 1 م على منسوب 343 م فوق سطح البحر وبحجم تخـزين 68 مليـون م٣، وهـو سيتغذى بالمياه المعالجة الخارجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي بحلب بواسطة قناة التوريد MC-S.

- استصلاح الأولوية الأولى على مساحة 12100 هكتار وبطرق الري الحديث وتقع غرب خط قطار حلب-دمشق.

- استصلاح الأولوية الثانية على مساحة 10000 هكتار وبطرق الري الحديث وتقع غرب خط قطار حلب-دمشق.



الشكل (5-1) المخطط العام لسهول حلب الجنوبية

ولقد قمنا باختيار منظومة الري والصرف ML-2 من الأولوية الأولى المروية بالمياه العذبة.حيث المجرى الرئيسي هو المصرف MD و الروافد هي 14D,16D حيث 16D يلاقي MD على مسافة و قدرها 3662 وبزاوية 60 درجة بينما 14D يلاقي MD على مسافة و قدرها 8400، وبزاوية 60 درجة ويبين الجدول التالي مواصفات المصارف المدروسة:

الجدول (5-1) مواصفات المصارف

المصرف	شكل المقطع	عرض القاع	ميل الجوانب	الطول	الميل الطولي	معامل الخشونة
MD	شبه منحرف	2.5	1.5	10200	0.00075	0.03
16D		1	1.5	6854	0.00075	0.03
14D		2.5	1.5	2850	0.0006	0.03

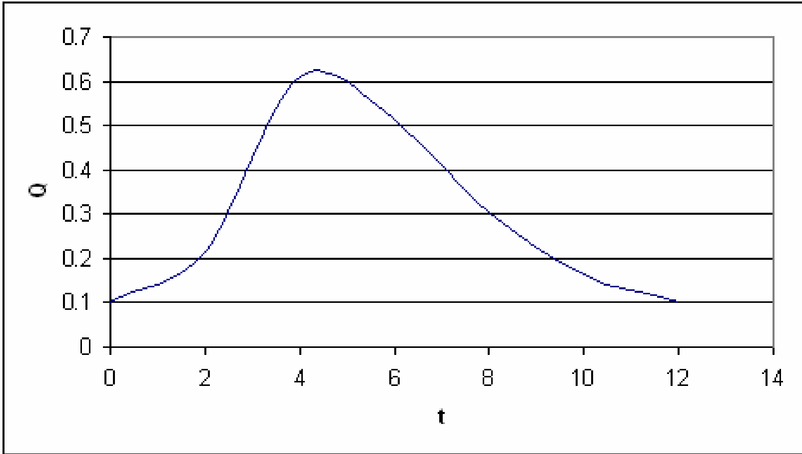
الشكل (5-2) المصارف المكشوفة في مشروع ML-2

١-المصرف 16D:

عرض قاعدته من الأسفل 1m وميل جوانبه1.5 وميله الطولي 0.00075 ، المصرف ترابي عامل خشونته 0.03 الهيدروغراف الخاص به بفاصل زمني 2 ساعة وعدد قراءاته 7،طول المصرف 6854m يعطى هيدروغراف التدفق مع الزمن بالجدول التالي :

الجدول (5-2) قيم التدفق مع الزمن للمصرف 16D

t	Q
0	0.1
2	0.215
4	0.609
6	0.512
8	0.303
10	0.161
12	0.1



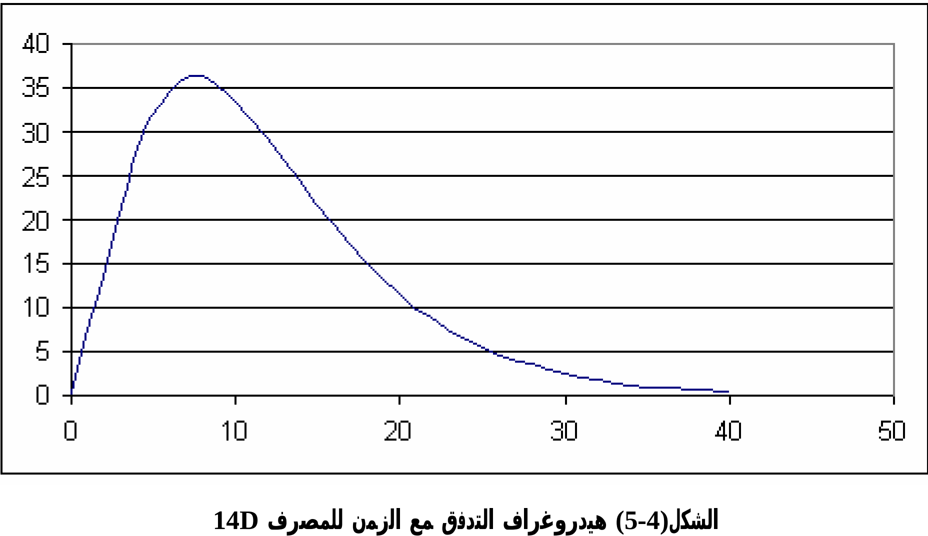
الشكل(3-5) هيدروغراف التدفق مع الزمن للمصرف 16D

-المصرف 14D:

عرض قاعدته من الأسفل 2.5m وميل جوانبه1.5 وميلـه الطـولي 0.0006 ، المصـرف ترابي عامل خشونته 0.03 الهيدروغراف الخاص به بفاصل زمني 2 ساعة وعدد قراءاته 21،طول المصرف 2850m يعطى هيدروغراف التدفق مع الزمن بالجدول التالي :

الجدول (3-5) قيم التدفق مع الزمن للمصرف 14D

t	Q
0	0.15
2	13.43
4	27.44
6	34.61
8	36.27
10	33.39
12	29.23
14	24.37
16	19.50
18	15.23
20	11.62
22	8.67
24	6.34
26	4.61
28	3.45
30	2.47
32	1.77
34	1.06
36	0.91
38	0.76
40	0.46



الشكل(4-5) هيدروغراف التدفق مع الزمن للمصرف 14D

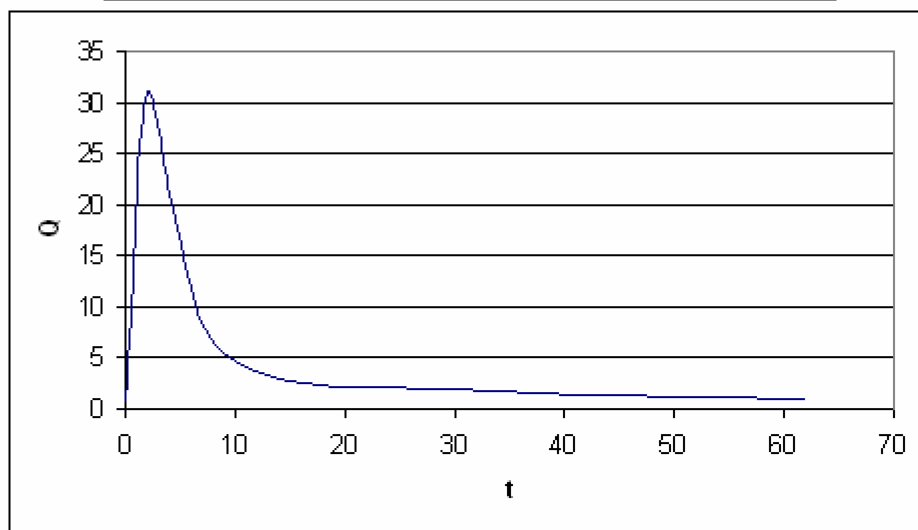
-المصرف MD :

عرض قاعدته من الأسفل 2.5m وميل جوانبه1.5 وميله الطـولي 0.00075 ، المصـرف ترابي عامل خشونته 0.03 الهيدروغراف الخاص به بفاصل زمني 2 ساعة وعدد قراءاته 32،طول المصرف10200m يعطى هيدروغراف التدفق مع الزمن بالجدول التالي :

الجدول (4-5) هيدروغراف التدفق مع الزمن للمصرف MD

t(hr)	Q
0	0.81
2	30.24
4	21
6	11.87
8	6.81
10	4.68
12	3.52
14	2.88
16	2.43
18	2.23
20	2.1
22	2.05
24	1.99
26	1.93
28	1.88
30	1.81
32	1.71
34	1.61

36	1.54
38	1.44
40	1.34
42	1.31
44	1.27
46	1.23
48	1.195
50	1.16
52	1.12
54	1.08
56	1.05
58	1.02
60	0.997
62	0.97



الشكل(5-5) هيدروغراف التدفق مع الزمن للمصرف MD

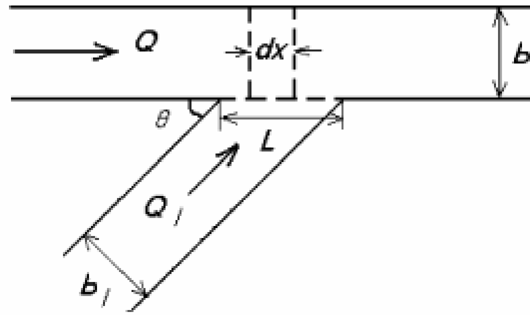
الفصل السادس

طريقة البحث

٦-١-المنهجية :

استناداً إلى طريقة Remando وطريقة Kiskin فإنه يـتم حسـاب التـدفقات والأعمـاق بالاعتماد على طريقة الفروقات المحدودة الصريحة ولقد قمنا بتطوير الطريقة مـن أجـل مقطع شبه منحرف ومع وجود روافد.

ليكن لدينا المجرى الرئيسي المبين في الشكل (6-1) الذي يمرر تدفقاً قـدره Q ، مقطعـه شبه منحرف عرض قاعدته b ، و ميله الطولي S_0، يلتقي مع المجرى الفرعـي الـذي يمرر تدفقاً قدره Q_l ، و مقطعه شبه منحرف وعرض قاعدته b_l .



الشكل (6-1) التقاء المجرى الفرعي مع المجرى الرئيسي

معادلة الاستمرار (6.1)
$$\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial A}{\partial t}=q_l$$

معادلة الحركة (6.2)
$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right)=-gA\left(\frac{\partial h}{\partial x}-S_0+S_f\right)+q_l u_l$$

$$u_l=\frac{Q_l}{A_l}\cos\theta \qquad (6.3)$$

$$q_l=\frac{Q_l}{B_l} \qquad (6.4)$$

ويمكن كتابة معادلة الحركة بالشكل :

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right)+gA\left(\frac{\partial h}{\partial x}-S_0\right)+gAS_f=q_l u_l \qquad (6.5)$$

من خصائص المقطع شبه المنحرف لدينا :

$$A=(b+mh)h=b+mh^2 \Rightarrow \frac{\partial A}{\partial x}=b\frac{\partial h}{\partial x}+2mh\frac{\partial h}{\partial x} \qquad (6.6)$$

$$\frac{\partial h}{\partial x}=\frac{1}{b+2mh}\frac{\partial A}{\partial x}=\frac{1}{B}\frac{\partial A}{\partial x} \tag{6.7}$$

وبالتعويض في معادلة الحركة ينتج:

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{2Q}{A}\frac{\partial Q}{\partial x}-\frac{Q^2}{A^2}\frac{\partial A}{\partial x}+gA(\frac{1}{B}\frac{\partial A}{\partial x}-S_0)+gAS_f=q_l u_l$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{2Q}{A}\frac{\partial Q}{\partial x}+(-\frac{Q^2}{A^2}+\frac{gA}{B})\frac{\partial A}{\partial x}-gAS_0+gAS_f=q_l u_l$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{2Q}{A}\frac{\partial Q}{\partial x}+(\frac{gA}{B}-\frac{Q^2}{A^2})\frac{\partial A}{\partial x}+gA(S_f-S_0)=q_l u_l \tag{6.8}$$

وكذلك تعطى السرعة بالعلاقة: $V=\frac{1}{n}R^{2/3}S_f^{1/2}$

ويعطى نصف القطر الهيدروليكي بالعلاقة: $R=A/P$

ويعطى المحيط المبلول بالعلاقة: $P=b+2h\sqrt{1+m^2}$

باشتقاق علاقة المحيط المبلول ينتج:

$$\frac{\partial P}{\partial x}=2\sqrt{1+m^2}\frac{\partial h}{\partial x}$$

وكذلك باشتقاق علاقة نصف القطر الهيدروليكي ينتج:

$$\frac{\partial R}{\partial x}=\frac{1}{P}(\frac{\partial A}{\partial x}-\frac{R\partial P}{\partial x})=\frac{1}{p}(\frac{\partial A}{\partial x}-2R\sqrt{1+m^2}\frac{\partial h}{\partial x})$$

$$=\frac{1}{p}(\frac{\partial A}{\partial x}-2R\sqrt{1+m^2}\frac{1}{B}\frac{\partial A}{\partial x})=\frac{1}{P}(1-2R\frac{\sqrt{1+m^2}}{B})\frac{\partial A}{\partial h}$$

$$\frac{\partial R}{\partial x}=\frac{1}{P}(1-2R\frac{\sqrt{1+m^2}}{B})\frac{\partial A}{\partial x} \tag{6.9}$$

باشتقاق علاقةماننغ ينتج:

$$\frac{\partial Q}{\partial x}=\frac{2}{3}\frac{1}{n}R^{-1/3}S_f^{1/2}\left[\frac{1}{P}(1-2R\frac{\sqrt{1+m^2}}{B})\frac{\partial A}{\partial x}\right]A+V\frac{\partial A}{\partial x} \tag{6.10}$$

بإصلاح العلاقة:

$$\frac{\partial Q}{\partial x}=(\frac{2}{3}\frac{1}{n}R^{-1/3}S_f^{1/2}\left[\frac{1}{P}(1-2R\frac{\sqrt{1+m^2}}{B})\right]A+V)\frac{\partial A}{\partial x}$$

$$\frac{\partial A}{\partial x}=\frac{\partial Q}{\partial x}\frac{1}{\frac{2}{3}\frac{1}{n}R^{-1/3}S_f^{1/2}\left[\frac{1}{P}(1-2R\frac{\sqrt{1+m^2}}{B})\right]A+V}$$

$$\frac{\partial A}{\partial x}=\frac{\partial Q}{\partial x}\frac{1}{V(\frac{2}{3R}\left[\frac{1}{P}(1-2R\frac{\sqrt{1+m^2}}{B})\right]A+1)}$$

$$\frac{\partial A}{\partial x}=\frac{\partial Q}{\partial x}\frac{1}{V(\frac{2}{3RP}\left[1-2R\frac{\sqrt{1+m^2}}{B}\right]A+1)}$$

$$\frac{\partial A}{\partial x}=\frac{\partial Q}{\partial x}\frac{1}{V\left[(\frac{2}{3RP}-\frac{4}{3P}\frac{\sqrt{1+m^2}}{B})A+1\right]}$$

$$\frac{\partial A}{\partial x}=\frac{\partial Q}{\partial x}\frac{1}{V\left[(\frac{2A}{3RP}-\frac{4A}{3P}\frac{\sqrt{1+m^2}}{B})+1\right]}$$

$$\frac{\partial A}{\partial x}=\frac{\partial Q}{\partial x}\frac{1}{V\left[(\frac{2}{3}-\frac{4}{3}R\frac{\sqrt{1+m^2}}{B})+1\right]} \qquad (6.11)$$

بتعويض العلاقة (6.11) في العلاقة (6.8) ينتج:

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{2Q}{A}\frac{\partial Q}{\partial x}+(\frac{gA}{B}-\frac{Q^2}{A^2})\frac{1}{V\left[\frac{5}{3}-\frac{4R}{3}\frac{\sqrt{1+m^2}}{B}\right]}\frac{\partial Q}{\partial x}+gA(S_f-S_0)=q_l u_l$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+(\frac{2Q}{A}+\frac{\frac{gA}{B}-\frac{Q^2}{A^2}}{V\left[\frac{5}{3}-\frac{4R}{3}\frac{\sqrt{1+m^2}}{B}\right]})\frac{\partial Q}{\partial x}+gA(S_f-S_0)=q_l u_l \qquad (6.12)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t}+\alpha\frac{\partial Q}{\partial x}+\beta=q_l u_l \qquad (6.13)$$

$$\alpha=\frac{2Q}{A}\frac{\frac{gA}{B}-\frac{Q^2}{A^2}}{V\left[\frac{5}{3}-\frac{4R}{3}\frac{\sqrt{1+m^2}}{B}\right]}=\frac{2Q}{A}+\frac{\frac{gA}{B}-\frac{Q^2}{A^2}}{\frac{Q}{A}(\frac{5}{3}-\frac{4R}{3B}\sqrt{1+m^2})} \qquad (6.14)$$

$$\beta=gA(S_f-S_0) \qquad (6.15)$$

تستخدم طريقة الفروقات المحدودة الصريحة في حل معادلات الجريان غير الدائم يمكـن التعبير عن المشتقات الجزئية بالفروقات المحدودة الصريحة كالتالي :

$$\frac{\partial f}{\partial x}=\frac{f_{i+1}^{j}-f_i^{j}}{\Delta x} \qquad (6.16)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t}=\frac{f_i^{\,j+1}-f_i^{\,j}}{\Delta t} \qquad (6.17)$$

حيث تمثل $\Delta x, \Delta t$ التزايد في الزمن والمسافة على التوالي. ويشير الدليل السفلي i إلـى المسافة، في حين أن الدليل العلوي j يشير إلى الزمن.

وبتعويض المعادلتين (6.26) ,(6.27) في المعادلة (6.23) نجد :

$$\frac{Q_{i+1}^{j+1}-Q_{i+1}^{j}}{\Delta t}+\alpha m(\frac{Q_{i+1}^{j+1}-Q_{i}^{j+1}}{\Delta x})+\beta m-q_l v_l\cos\theta=0 \qquad (6.18)$$

وبترتيب المعادلة ينتج:

$$Q_{i+1}^{j+1}=\frac{Q_{i+1}^{j}+\frac{\Delta t}{\Delta x}\alpha m Q_i^{j+1}-\beta m\Delta t+q_l v_l\cos\theta\Delta t}{1+\alpha m\frac{\Delta t}{\Delta x}} \qquad (6.19)$$

حيث αm و βm تمثل القيم الوسطية:

$$\alpha m=\frac{\alpha_i^{j+1}+\alpha_{i+1}^{j}}{2} \qquad (6.20)$$

$$\beta m=\frac{\beta_i^{j+1}+\beta_{i+1}^{j}}{2} \qquad (6.21)$$

وكذلك بتطبيق المعادلتين في معادلة الاستمرار ينتج:

$$\frac{A_{i+1}^{j+1}-A_{i+1}^{j}}{\Delta t}+\frac{Q_{i+1}^{j}-Q_{i}^{j}}{\Delta x}=q_l$$

وبترتيب المعادلة نحصل على:

$$A_{i+1}^{j+1}=A_{i+1}^{j}-\frac{\Delta t}{\Delta x}(Q_{i+1}^{j}-Q_i^{j})+\Delta t q_l \qquad (6.22)$$

يتطلب حل المعادلتين وجود شروط أولية للحل، هي :

- **الشروط الطرفية**:

في بداية المجرى المائي يجب أن يكون منحني التدفق للموجة الفيضانية معلوماً:

$$Q(0,t)=f(t) \qquad (6.23)$$

- **الشروط الابتدائية**:

من أجل جميع المقاطع في المجرى تكون الشروط الابتدائية المسيطرة قبـل حـدوث الفيضان هي شروط الجريان المنتظم:

$$Q(x,0)=Q_0 \qquad (6.24)$$

$$y(x,0)=y_0 \qquad (6.25)$$

من أجل ضمان تقارب الطريقة، وبغية الحصول على نتائج أفضل، يجـب اختيـار قـيم صغيرة لكل من خطوتي الزمن والمسافة. وينصح باستخدام العلاقتين التاليتين لتحديد القيم الحدية للزمن والمسافة :

$$\Delta t \le \frac{\sqrt{1+2Fr_0}-1}{Fr_0 \frac{gS_0}{V_0}} \quad (6.26)$$

$$\Delta x_{\max} = (\sqrt{1+2Fr_0}-1)(1+Fr_0)\frac{y_0}{S_0} \quad (6.27)$$

٦-٢-خطوات العمل :

لدينا المصرف الرئيسي MD والمصرفان الرافدان 16D,14D نقوم بدراسـة كـل رافـد وحده.

أولاً: المصرف 16D :

يعطى التدفق والعمق النظاميان وكل من عرض المصرف وميل جوانبه وميلـه الطـولي على الترتيب :

$$y_0 = 0.263m, Q_0 = 0.1m^3/\sec, b = 1m, m = 1.5, S = 0.00075$$

وبالتالي تحسب السرعة :

$$A_0 = (1+1.5*0.263)*0.263 = 0.367m^2$$

$$V_0 = \frac{Q_0}{A_0} = \frac{0.1}{0.367} = 0.27m/\sec$$

وعدد فرود:

$$Fr_0 = \frac{V_0}{\sqrt{gy_0}} = \frac{0.27}{\sqrt{9.81*0.263}} = 0.1681 < 1$$ الجريان دون الحرج

١- حساب خطوة الزمن باستخدام العلاقة (6.36) :

$$\Delta t = \frac{\sqrt{1+2Fr_0}-1}{Fr_0 \frac{gS_0}{V_0}} = \frac{\sqrt{1+2*0.1681}-1}{0.1681*\frac{9.81*0.00075}{0.27}} = 34.04\sec$$

٢- حساب خطوة المسافة باستخدام العلاقة (6.37) :

$$\Delta x_{\max} = (\sqrt{1+2*0.1681}-1)(1+0.1681)\frac{0.263}{0.00075} = 63.87m$$

وحيث أن طول المصرف 14D هو6854 m فيكون عدد الأجزاء المدروسة :

$$L = \frac{6854}{63.87} = 107.3$$

نقوم بتقسيم المجرى 16D إلى 108 جزء طول كل منها :

$$L = \frac{6854}{108} = 63.46m$$

بإعطاء البيانات للبرنامج يتم تقسيم المجرى إلى 108جزء وفق فاصل زمني34.04 وبتباعد 63.46 فنحصل على النتائج التالية للتدفق والأعماق عند نهاية المصرف وهي نقطة التقائه مع المصرف الرئيسي MD:

الجدول (6-1) قيم التدفقات والأعماق عند نهاية المصرف 16D

t	Q	h
0	0.1	0.263
2	0.109	0.263
4	0.19	0.351
6	0.345	0.481
8	0.345	0.481
10	0.345	0.481
12	0.34	0.454

ثانياً: المصرف 14D:

يعطى التدفق والعمق النظاميان وكل من عرض المصرف وميل جوانبه وميلـه الطـولي على الترتيب :

$$y_0 = 0.214m, Q_0 = 0.15m^3/\sec, b = 2.5m, m = 1.5, S = 0.0006$$

$$A_0 = (2.5 + 1.5 * 0.214) * 0.214 = 0.604m^2$$

وبالتالي تحسب السرعة :

$$V_0 = \frac{Q_0}{A_0} = \frac{0.15}{0.604} = 0.248m/\sec$$

وعدد فرود:

$$Fr_0 = \frac{V_0}{\sqrt{gy_0}} = \frac{0.248}{\sqrt{9.81 * 0.214}} = 0.1712 < 1$$ الجريان دون الحرج

٣- حساب خطوة الزمن باستخدام العلاقة (6.36) :

$$\Delta t = \frac{\sqrt{1 + 2Fr_0} - 1}{Fr_0 \frac{gS_0}{V_0}} = \frac{\sqrt{1 + 2 * 0.1712} - 1}{0.1712 * \frac{9.81 * 0.0006}{0.248}} = 39.65\sec$$

يعطى هيدروغراف الدخول للمصرف 14D بتباعد زمني قدره 2 ساعة لمـدة 62 سـاعة نعيد حساب الهيدروغراف من أجل التباعد الزمني الجديد.

٤- حساب خطوة المسافة باستخدام العلاقة (6.37) :

$$\Delta x_{\max} = (\sqrt{1 + 2 * 0.1712} - 1)(1 + 0.1712)\frac{0.214}{0.0006} = 66.26m$$

وحيث أن طول المصرف 14D هو 2850m فيكون عدد الأجزاء المدروسة :

$$L = \frac{2850}{66.26} = 43.01m$$

نقوم بتقسيم المجرى 14D إلى 43 جزء طول كل منها :

$$L = \frac{2850}{43} = 66.27m$$

بإعطاء البيانات للبرنامج يتم تقسيم المجـرى إلـى 43 جـزء وفـق فاصـل زمنـي 40وبتباعد66.27 فنحصل على النتائج التالية للتدفق والأعماق عند نهاية المصرف وهـي نقطة التقائه مع المصرف الرئيسي MD:

الجدول (6-2) قيم التدفقات والأعماق عند نهاية المصرف 14D

t	Q	h
0	0.15	0.214
2	13.43	1.792
4	27.44	2.927
6	34.61	3.44
8	36.27	3.633
10	33.39	3.567
12	29.23	3.383
14	24.37	3.17
16	19.50	2.876
18	15.23	2.58
20	11.62	2.294
22	8.67	2.011
24	6.34	1.749
26	4.61	1.516
28	3.45	1.33
30	2.47	1.146
32	1.77	0.962
34	1.06	0.778
36	0.91	0.642
38	0.76	0.587
40	0.46	0.467

ثالثاً: المصرف MD :

يعطى التدفق والعمق النظاميان وكل من عرض المصرف وميل جوانبه وميلـه الطـولي على الترتيب :

$$y_0 = 0.516m, Q_0 = 0.81m^3/\sec, b = 2.5m, m = 1.5, S = 0.00075$$

$$A_0 = (2.5 + 1.5 * 0.516) * 0.516 = 1.689m^2$$

وبالتالي تحسب السرعة :

$$V_0 = \frac{Q_0}{A_0} = \frac{0.81}{1.689} = 0.48m/\sec$$

وعدد فرود:

$$Fr_0 = \frac{V_0}{\sqrt{gy_0}} = \frac{0.48}{\sqrt{9.81 * 0.516}} = 0.2133 < 1$$ الجريان دون الحرج

٥- حساب خطوة الزمن باستخدام العلاقة (6.36) :

$$\Delta t = \frac{\sqrt{1 + 2Fr_0} - 1}{Fr_0 \frac{gS_0}{V_0}} = \frac{\sqrt{1 + 2 * 0.21} - 1}{0.21 * \frac{9.81 * 0.00075}{0.48}} = 59.38\sec$$

يعطى هيدروغراف الدخول للمصرف MD بتباعد زمني قدره 2 ساعة لمدة 62 ساعة نعيد حساب الهيدروغراف من أجل التباعد الزمني الجديد.

٦- حساب خطوة المسافة باستخدام العلاقة (6.37) :

$$\Delta x_{max} = (\sqrt{1 + 2 * 0.2133} - 1)(1 + 0.2133)\frac{0.516}{0.00075} = 164.9m$$

وحيث أن طول المصرف MD هو 10200m فيكون عدد الأجزاء المدروسة :

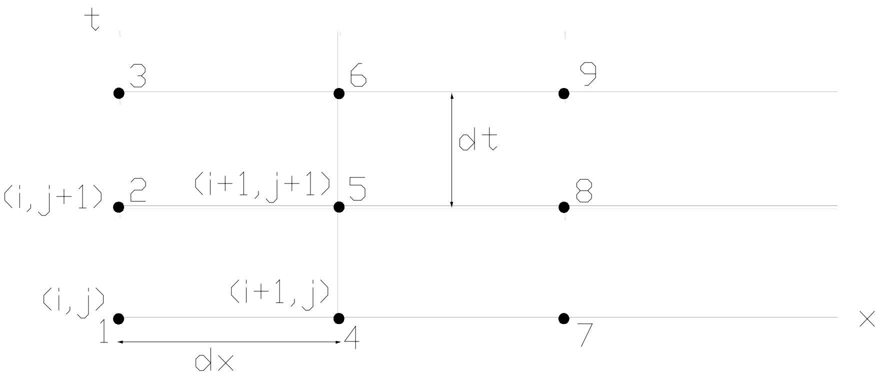
$$L = \frac{10200}{164.9} = 61.85m$$

نقوم بتقسيم المجرى MD إلى 64 جزء طول كل منها :

$$L = \frac{10200}{64} = 160m$$

وبذلك يتم تقسيم المجرى الرئيسي إلى 64 جزء، ويلاقي المصرف الفرعي16D المصرف الرئيسي MD عند المقطع 23، بينما يلاقي المصرف الفرعي 14D المصـرف الرئيسـي عند المقطع 52.

بذلك نحصل على شبكة الجريان المبينة بالشكل (6-2)



الشكل (6-2) شبكة الجريان

والتي تكون فيها قيم التدفقات والأعماق في النقـاط (1) و(4) معلومـة مـن الشـروط الابتدائية (شروط الجريان المنتظم) ويكون التدفق معلوماً عنـد النقـاط (2) و(3) وفـق الشروط الطرفية.

٧- نحسب القيم الوسطية αm و βm للنقطتين (2)،(4) بتطبيق العلاقتين (6.24),(6.25)ثم نعوضهما في العلاقة (6.29) لنحصل على التدفق عند النقطة (5).

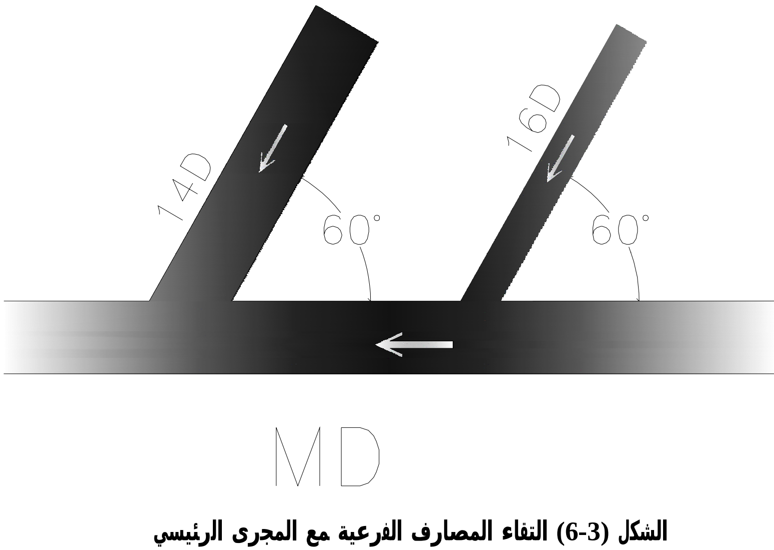
٨- نطبق في العلاقة (6.32) للحصول على مساحة المقطـع المـائي وبالتـالي عمـق الجريان.

٩- ننتقل إلى خط الزمن التالي وهكذا حتى نهاية الزمن.

١٠- ننتقل إلى الخطوة المكانية التالية وهكذا حتى نهاية المجرى الرئيسي.

إن الحدود المتعلقة بالمجرى الفرعي تتم إضافتها فقط في المقاطع التي يوجد فيها مجـرى فرعي.

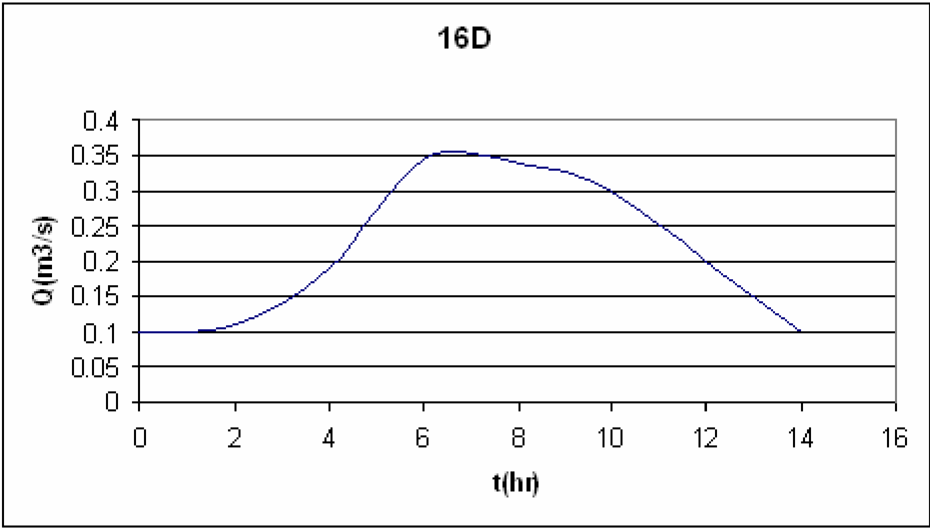
يبين الشكل التالي المصرف الرئيسي MD مع الروافد المرتبطة معه 14Dو16Dواتجاهات الجريان في المصارف المذكورة:



الشكل (6-3) التقاء المصارف الفرعية مع المجرى الرئيسي

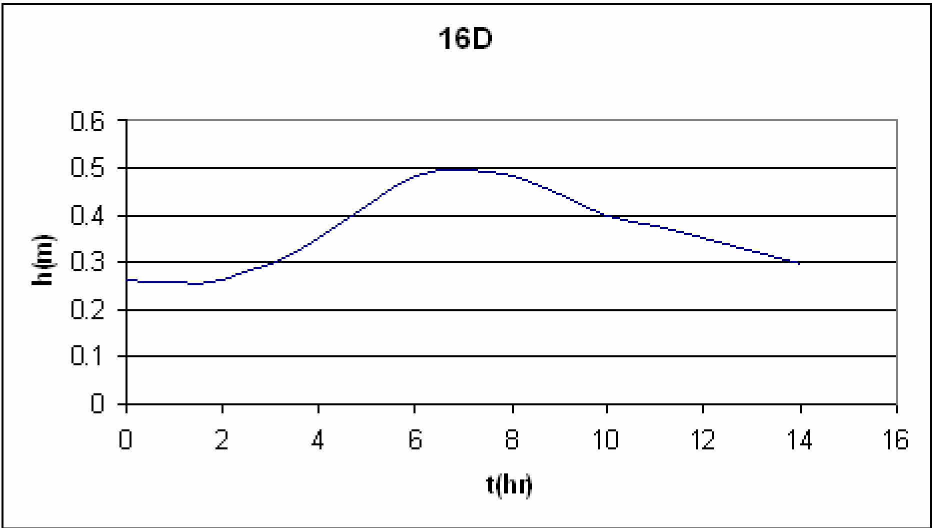
وفيما يلي الهيدروغرافات الخاصة بالروافد عند التقائها مع المجرى الرئيسي:

يمثل الشكل قيم التدفقات للمصرف الفرعي 16D في الأزمنـة المختلفـة وهـي تـدفقات صغيرة نسبياً.



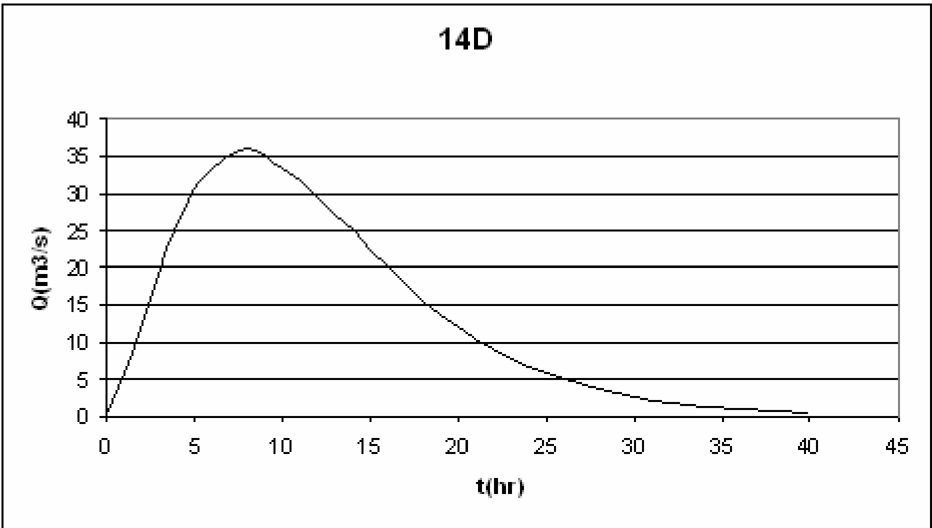
الشكل (6-4) هيدروغراف التدفق للرافد الأول 16Dعند التقائه مع المجرى الرئيسي

يمثل الشكل قيم الأعماق للمصرف الفرعي 16D في الأزمنة المختلفة.



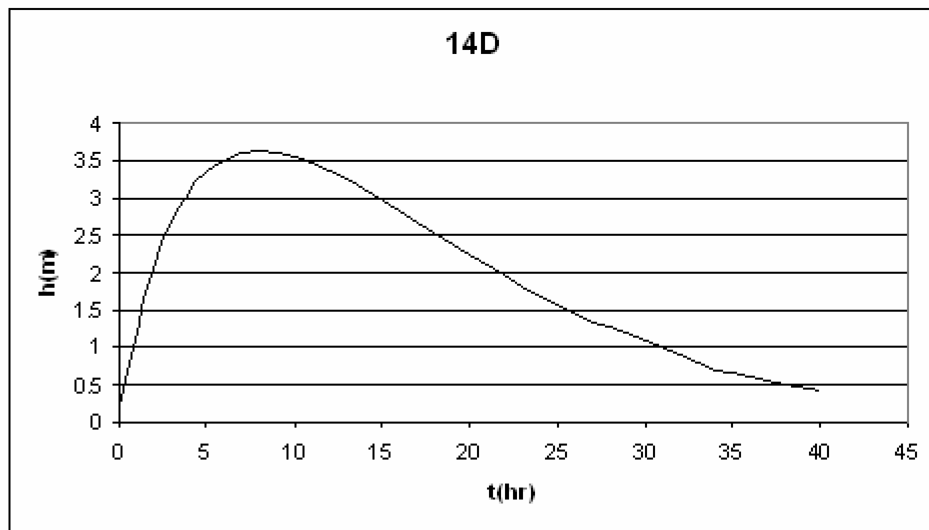
الشكل (6-5) هيدروغراف العمق للرافد الأول 16D عند التقائه مع المجرى الرئيسي

يمثل الشكل قيم التدفقات للمصرف الفرعي الثاني 14D في الأزمنة المختلفة.



الشكل (6-6) هيدروغراف التدفق للرافد الثاني 14D عند التقائه مع المجرى الرئيسي

يمثل الشكل قيم الأعماق للمصرف الفرعي الثاني 14D في الأزمنة المختلفة.



الشكل (6-7) هيدروغراف العمق للرافد الثاني 14D عند التقائه مع المجرى الرئيسي

الفصل السابع

النتائج والتعليق

بالاعتماد على العلاقات السابقة وعلى البرنامج المعد بواسـطة Visual Basic لإجـراء الحسابات وبناء على المعطيات الخاصة بالمصارف المـذكورة تـم إجـراء الحسـابات التفصيلية و النهائية و الرسم.

- يتم إعطاء البيانات الخاصة بالمجرى الرئيسي للبرنامج مثل (عرض القاعدة –ميـل الجوانب – الميل الطولي للقناة – معامل الخشونة – طـول القنـاة) ،وكـذلك بيانـات هيدروغراف الدخول للمجرى الرئيسي عند بداية القناة (الفاصل الزمني بين كل قـراءتين – عدد القراءات – قيم التدفقات) ويتم إدخال عدد الروافد والبيانات الخاصة بكـل رافـد عند نقطة التقائه مع المجرى الرئيسي (بعده عن بداية المصـرف – زاويـة الالتقـاء – عرض القاعدة) وكذلك هيدروغرافات الدخول الخاصة بالروافد عند نقطة التقائهـا مـع المجرى الرئيسي (عدد القراءات – قيم التدفقات – قيم الأعماق).

- بعد إعطاء البيانات المذكورة أعلاه يتم النقر على زر حساب لإجـراء الحسـابات التفصيلية .

- يقوم البرنامج بحساب خطوة الزمن وخطوة المسافة وعلى أساسها يقـوم بإعطـاء النتائج التفضيلية من أجل كل فاصلة زمانية ومكانية على طول القناة من أجـل التـدفقات والأعماق قبل إضافة الروافد وبعد إضافة الروافد.

بيانات المجرى الرئيسي
عرض القاعدة
ميل الجوانب
الميل الطولي
الخشونة
الفاصل الزمني
عدد القراءات
طول القناة
عدد الروافد
عدد القراءات للرافد
calc
النتائج النهائية
الخروج من البرنامج
هيدروغراف الدخول للمجرى الرئيسي
NO. | QI
بيانات الرافد عند التقائه مع المجرى الرئيسي
NO. | distance | angle | b | section
تدفق الرافد
NO.
أعماق الماء للرافد
NO.
قيم التدفقات و الأعماق وفق خطوة الزمان و المكان المختارتين
dt dx
التدفقات
قبل إضافة الرافد
NO.
بعدإضافة الرافد
NO.
الأعماق
قبل إضافة الرافد
NO.
بعد إضافة الرافد
NO.

الشكل (7-1) واجهة البرنامج

بيانات المجرى الرئيسي

عرض القاعدة 2.5
ميل الجوانب 1.5
الميل الطولي 0.00075
الخشونة 0.03
الفاصل الزمني 2
عدد القراءات 32
طول القناة 10200
عدد الروافد 2
عدد القراءات للرافد 21

calc
النتائج النهائية
الخروج من البرنامج

هيدروغراف الدخول للمجرى الرئيسي

NO.	QI
0	0.81
2	30.24
4	21
6	11.87
8	6.81
10	4.68
12	3.52
14	2.88
16	2.43
18	2.23
20	2.1
22	2.045
24	1.99
26	1.935

بيانات الرافد عند التقائه مع المجرى الرئيسي

NO.	distance	angle	b	section
1	3662	60	1.5	23
2	8400	60	2.5	52

تدفق الرافد

NO.	1	2
1	0.1	0.15
2	0.11	11.62
3	0.187	25.81
4	0.349	33.57
5	0.349	36.06
6	0.349	33.59

أعماق الماء للرافد

NO.	1	2
1	0.265	0.214

قيم التدفقات و الأعماق وفق خطوة الزمان و المكان المختارتين

dt 59.39 dx 162.1

التدفقات

قبل إضافة الرافد

NO.	1	2	3	4
1	0.81	0.81	0.81	0.81
2	1.052	0.986	0.889	0.856
3	1.295	1.102	0.955	0.897
4	1.538	1.255	1.046	0.955
5	1.781	1.413	1.156	1.026

بعدإضافة الرافد

NO.	1	2	3	4
1	0.81	0.81	0.81	0.81
2	1.052	0.986	0.889	0.856
3	1.295	1.102	0.955	0.897
4	1.538	1.255	1.046	0.955

الأعماق

قبل إضافة الرافد

NO.	2	3	4	5
1	0.516	0.516	0.516	0.516
2	0.522	0.525	0.519	0.518
3	0.539	0.538	0.524	0.521
4	0.564	0.557	0.532	0.527
5	0.596	0.579	0.544	0.535

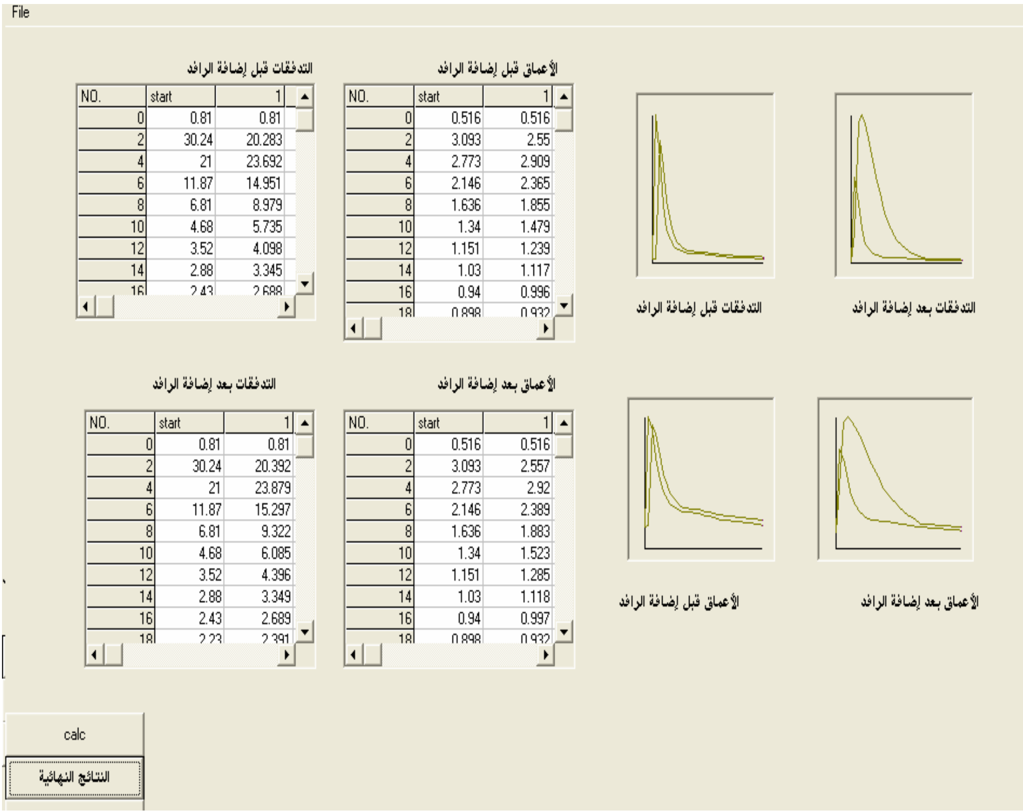
بعد إضافة الرافد

NO.	2	3	4	5
1	0.516	0.516	0.516	0.516

الشكل (7-2) النتائج التفصيلية

بالنقر على زر النتائج النهائية تظهر لنا شاشة جديدة كما هو مبين بالشكل أدناه تحوي هذه الشاشة على قيم التدفقات في الأزمنة المقابلة لأزمنة هيدروغراف الدخول عند المقـاطع

التالية: بداية القناة- كل نقطة التقاء مع رافد – نهاية القناة، وكذلك قيم الأعمـاق المقابلـة لتلك التدفقات مع أشكال بيانية توضح النتائج العددية.



الشكل (3-7) النتائج النهائية والرسم

بالضغط على زر العودة إلى البرنامج الرئيسي نعود إلى الشاشة الأساسية للبرنامج وهكذا يمكن التنقل بين الشاشتين.

بالضغط على زر خروج يمكننا الخروج من البرنامج.

يستطيع المستخدم أيضاً من خلال قائمة ملف فتح الملفات التي يريدها وحفظهـا فـي أي ملف يريده على الكمبيوتر

٧-١- تأثير التدفق الفرعي:

فيما يلي جداول بالنتائج النهائية :

نسرد في الجدول التالي قيم التدفقات في المجرى الرئيسي MD بدون الرافدين 14Dو16D حيث يمثل العمود الأول الزمن بالساعات والعمود الثاني يمثل قيم التدفقات المقابلة للزمن في المجرى الرئيسي MD في أول القناة والعمود الثالث يمثل قيم التدفقات المقابلة للـزمن في المجرى الرئيسي MD عند التقائه مع الرافد الأول 16D(مع عدم إدخالـه بالحسـاب)

والعمود الرابع يمثل قيم التدفقات المقابلة للزمن في المجرى الرئيسي MD عند التقائه مع الرافد الثاني 14D(مع عدم إدخاله بالحساب) والعمود الخامس يمثل قيم التدفقات المقابلـة للزمن في المجرى الرئيسي MD عند نهاية القناة.

الجدول (1-7) قيم التدفقات قبل إضافة الروافد

64	52	23	0	t(hr)
0.81	0.81	0.81	0.81	0
0.967	3.716	20.769	30.24	2
24.953	25.579	27.283	21	4
19.668	18.385	14.831	11.87	6
12.800	11.631	8.887	6.81	8
8.115	7.284	5.688	4.68	10
5.676	5.153	4.071	3.52	12
4.288	3.996	3.322	2.88	14
3.529	3.267	2.668	2.43	16
2.850	2.622	2.383	2.23	18
2.538	2.454	2.250	2.1	20
2.481	2.400	2.199	2.05	22
2.422	2.338	2.136	1.99	24
2.358	2.274	2.074	1.93	26
2.304	2.22	2.023	1.88	28
2.227	2.144	1.95	1.81	30
2.116	2.035	1.846	1.71	32
2.007	1.929	1.746	1.61	34
1.929	1.852	1.673	1.54	36
1.827	1.752	1.573	1.44	38
1.721	1.646	1.47	1.34	40
1.675	1.603	1.433	1.31	42
1.635	1.563	1.393	1.27	44
1.591	1.52	1.353	1.23	46
1.554	1.482	1.317	1.195	48
1.516	1.446	1.282	1.16	50
1.475	1.406	1.242	1.12	52
1.432	1.364	1.199	1.08	54
1.399	1.332	1.169	1.05	56
1.368	1.3	1.137	1.02	58
1.342	1.274	1.113	0.997	60
1.314	1.246	1.085	0.97	62

في الجدول التالي قيم التدفقات في المجرى الرئيسي MD مع الرافدين 14Dو16D حيـث يمثل العمود الأول الزمن بالساعات والعمود الثاني يمثل قيم التدفقات المقابلة للزمن فـي المجرى الرئيسي MD في أول القناة والعمود الثالث يمثل قيم التدفقات المقابلة للزمن فـي المجرى الرئيسي MD عند التقائه مع الرافد الأول 16Dوالعمود الرابع يمثل قيم التـدفقات المقابلة للزمن في المجرى الرئيسي MD عند التقائه مـع الرافـد الثـاني 14Dوالعمـود الخامس يمثل قيم التدفقات المقابلة للزمن في المجرى الرئيسي MD عند نهاية القناة.

الجدول (2-7) التدفقات بعد إضافة الروافد

64	52	23	0	t(hr)
0.810	0.810	0.81	0.81	0
10.749	14.921	20.392	30.24	2
48.926	51.234	27.359	21	4
52.069	52.149	15.297	11.87	6
48.028	48.027	9.322	6.81	8
42.146	41.279	6.085	4.68	10
36.170	35.241	4.396	3.52	12
29.984	29.082	3.349	2.88	14
24.277	23.429	2.689	2.43	16
19.227	18.446	2.391	2.23	18
15.306	14.595	2.257	2.1	20
12.175	11.534	2.199	2.05	22
9.492	9.075	2.143	1.99	24
7.578	7.237	2.085	1.93	26
6.334	6.020	2.029	1.88	28
5.194	4.901	1.957	1.81	30
4.261	3.988	1.853	1.71	32
3.466	3.208	1.752	1.61	34
2.909	2.822	1.679	1.54	36
2.514	2.431	1.579	1.44	38
2.242	2.165	1.476	1.34	40
1.675	1.609	1.439	1.31	42
1.635	1.569	1.399	1.27	44
1.591	1.526	1.359	1.23	46
1.554	1.488	1.323	1.195	48
1.516	1.452	1.288	1.16	50
1.475	1.411	1.247	1.12	52
1.432	1.37	1.205	1.08	54
1.399	1.337	1.175	1.05	56
1.368	1.306	1.142	1.02	58
1.342	1.28	1.118	0.997	60
1.314	1.252	1.095	0.97	62

نسرد في الجدول التالي قيم الأعماق في المجرى الرئيسي MD بدون الرافدين 14Dو16D حيث يمثل العمود الأول الزمن بالساعات والعمود الثاني يمثل قيم الأعماق المقابلة للزمن في المجرى الرئيسي MD في أول القناة والعمود الثالث يمثل قيم الأعماق المقابلة للـزمن في المجرى الرئيسي MD عند التقائه مع الرافد الأول 16D(مع عدم إدخالـه بالحسـاب) والعمود الرابع يمثل قيم الأعماق المقابلة للزمن في المجرى الرئيسي MD عند التقائه مع الرافد الثاني 14D(مع عدم إدخاله بالحساب) والعمود الخامس يمثل قيم الأعماق المقابلـة للزمن في المجرى الرئيسي MD عند نهاية القناة.

الجدول (3-7) الأعماق قبل إضافة الرافد

64	52	23	0	t(hr)
0.516	0.516	0.516	0.516	0
0.550	1.033	2.582	3.613	2
2.914	2.978	3.057	2.773	4
2.675	2.597	2.355	2.146	6
2.189	2.100	1.846	1.636	8
1.761	1.671	1.470	1.340	10
1.470	1.400	1.237	1.151	12
1.268	1.225	1.113	1.030	14
1.147	1.104	0.992	0.940	16
1.026	0.983	0.929	0.898	18
0.962	0.944	0.902	0.870	20
0.950	0.933	0.891	0.859	22
0.938	0.921	0.877	0.845	24
0.924	0.907	0.863	0.832	26
0.913	0.895	0.835	0.820	28
0.897	0.879	0.811	0.804	30
0.872	0.854	0.787	0.779	32
0.848	0.830	0.769	0.754	34
0.830	0.812	0.743	0.736	36
0.806	0.788	0.717	0.710	38
0.781	0.762	0.707	0.683	40
0.769	0.751	0.696	0.674	42
0.759	0.741	0.696	0.663	44
0.748	0.730	0.685	0.651	46
0.739	0.720	0.675	0.641	48
0.729	0.710	0.665	0.631	50
0.718	0.699	0.653	0.619	52
0.706	0.688	0.641	0.606	54
0.697	0.679	0.632	0.597	56

0.689	0.670	0.622	0.587	58
0.682	0.663	0.615	0.580	60
0.674	0.654	0.606	0.546	62

في الجدول التالي قيم الأعماق في المجرى الرئيسي MD مع الرافدين 14Dو16D حيـث يمثل العمود الأول الزمن بالساعات والعمود الثاني يمثل قيم الأعماق المقابلة للزمن فـي المجرى الرئيسي MD في أول القناة والعمود الثالث يمثل قيم الأعماق المقابلة للزمن فـي المجرى الرئيسي MD عند التقائه مع الرافد الأول 16Dوالعمود الرابع يمثل قيم الأعمـاق المقابلة للزمن في المجرى الرئيسي MD عند التقائه مـع الرافـد الثـاني 14Dوالعمـود الخامس يمثل قيم الأعماق المقابلة للزمن في المجرى الرئيسي MD عند نهاية القناة.

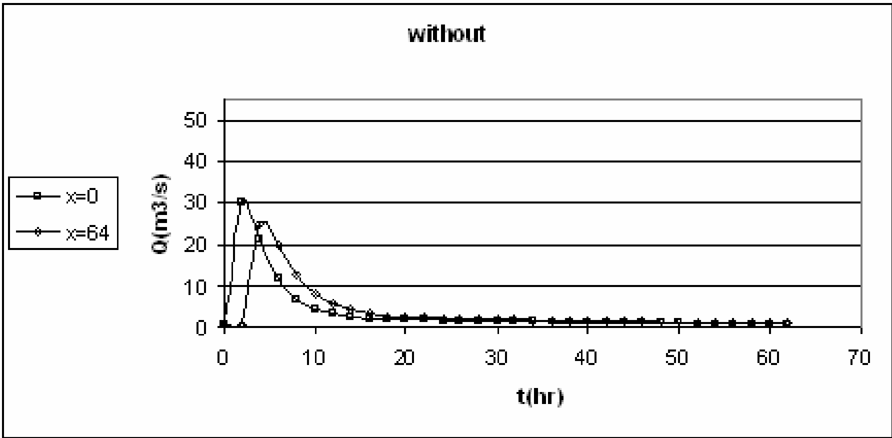
الجدول (4-7) الأعماق بعد إضافة الروافد

64	52	23	0	t(hr)
0.516	0.516	0.516	0.516	0
1.917	2.18	2.557	3.613	2
3.934	3.728	3.062	2.773	4
4.09	3.742	2.389	2.146	6
3.996	3.688	1.883	1.636	8
3.762	3.638	1.523	1.34	10
3.523	3.58	1.285	1.151	12
3.12	3.54	1.118	1.03	14
2.922	3.435	0.997	0.94	16
2.355	3.314	0.932	0.898	18
2.112	3.114	0.903	0.87	20
1.87	2.8	0.891	0.859	22
1.687	2.5	0.878	0.845	24
1.537	2.218	0.866	0.832	26
1.392	1.964	0.853	0.82	28
1.256	1.712	0.837	0.804	30
1.131	1.23	0.812	0.779	32
1.032	1.1	0.788	0.754	34
0.956	1.016	0.77	0.736	36
0.9	0.939	0.745	0.71	38
0.766	0.883	0.718	0.683	40
0.768	0.753	0.708	0.674	42
0.759	0.743	0.697	0.663	44
0.748	0.731	0.686	0.651	46
0.739	0.721	0.676	0.641	48
0.729	0.712	0.667	0.631	50
0.719	0.701	0.655	0.619	52
0.706	0.689	0.643	0.606	54
0.697	0.68	0.631	0.597	56
0.689	0.672	0.624	0.587	58

0.682	0.664	0.617	0.58	60
0.674	0.656	0.608	0.546	62

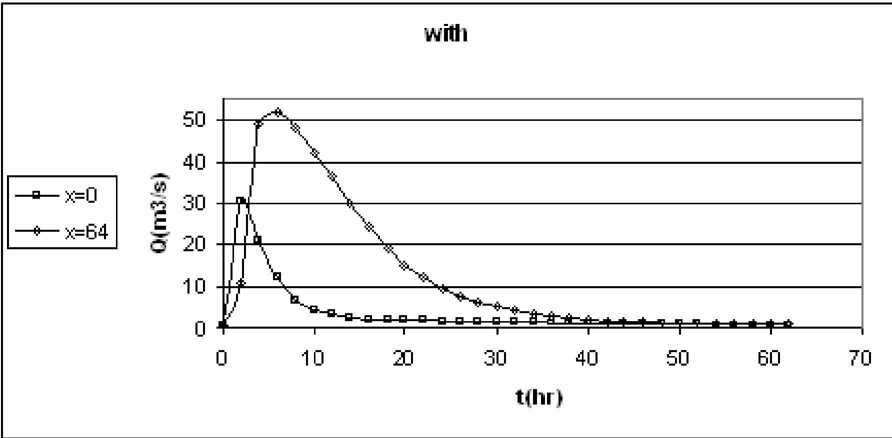
ويتضح تأثير الرافد بالأشكال البيانية الموضحة أدناه :

يبين الشكل رقم (7-4) هيدروغراف الموجة الفيضانية دون رافد، حيث يبلغ أعلى قيمة له في بداية المجرى بعد مرور ساعتين على هبوب العاصفة $Q\max = 30.24 m^3/s$ ثم يعود لينخفض، تدريجياً، بعد مرور 62 ساعة، إلى قيمة قريبة من قيمة التدفق النظامي أو أعلى منه قليلاً $Q = 0.97 m^3/s$ عند نهاية المخطط المائي أما في نهاية المجرى عند x=64 ، فنلاحظ انخفاض قيمة تدفق الذروة إلى $Q\max = 24.95 m^3/s$ وتأخر زمن وصول الموجة بعد مرور أربع ساعات و12 دقيقة من بداية العاصفة أي بتأخر ساعتين و12 دقيقة(Lag time).



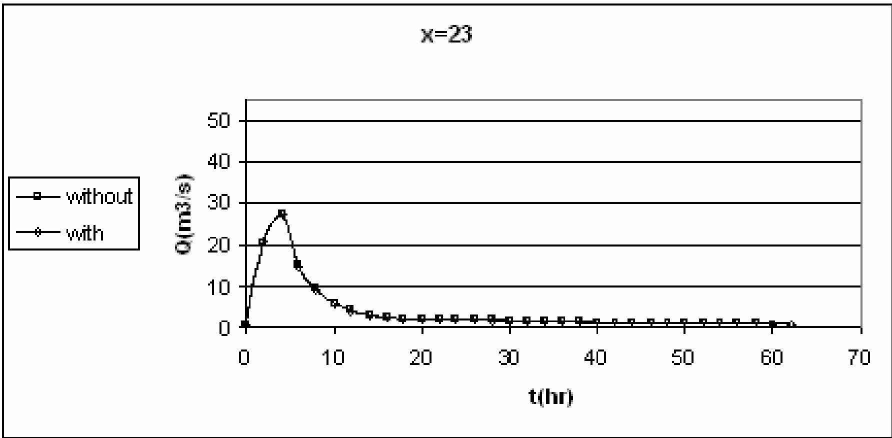
الشكل (7-4) هيدروغراف التدفق للمجرى الرئيسي دون روافد

كما يبين الشكل (7-5) علاقة التدفق مع الزمن بعد إضافة الروافد، ونلاحظ في بداية المجرى أنه لا يحدث أي تغيير فيه حيث أن الروافد تلاقي المصرف الرئيسي على البعدين 3662m و 8400m أما في نهايته فنلاحظ تعاظم قيمة التدفق لتصبح $Q\max = 52.069 m^3/s$ و زاد التأخر أيضاً و بلغت هذه القيمة بعد مرور خمس ساعات و5 دقائق وهي أكبر من القيمة في المنحني السابق الذي كان يمثل التدفق قبل إضافة الروافد وهي أيضاً أكبر من قيمة التدفق في بداية القناة.



الشكل (7-5) هيدروغراف التدفق للمجرى الرئيسي بعد إضافة الروافد

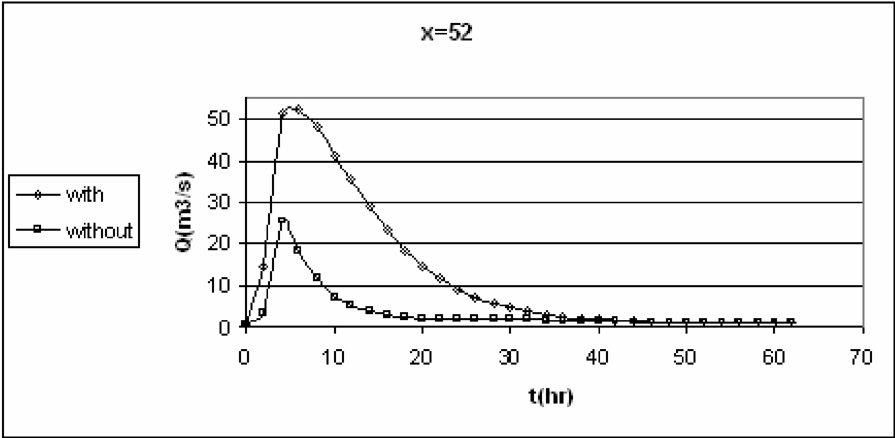
يبين الشكل (7-6) منحني التدفق مع الزمن عند المقطع 23 وهي نقطة التقاء المصرف الفرعي الأول 16D مع المجرى الرئيسي MD، وتصبح قيمة التدفق دون وجود المصرف 16D، عند x=23، مساوية إلى $Q\max = 27.238m^3/s$ و نلاحظ أنها تأخرت ساعتين و52 دقيقة بينما مع وجود المصرف 16D و تكون قيم التدفقات أكبر قليلاً عند المقطع المذكور حيث أن تدفقات المصرف 16D هي تدفقات صغيرة لتصبح $Q\max = 27.359m^3/s$ بعد مرور الزمن نفسه بدون وجود الرافد أي بعد مرور ساعتين و53 دقيقة.



الشكل (7-6) هيدروغراف التدفق عند المقطع 23

يبين الشكل (7-7) منحني التدفق مع الزمن عندما x=52 تصـبح $Q\max = 25.579m^3/s$ وتبلغ تلك القيمة بعد مرور ثلاث ساعات و52 دقيقة عند المقطع 52 حيث يلتقي المصرف الفرعي 14D مع المصرف الرئيسي MD إضـافة لوجـود المصـرف الفرعـي الأول

16Dونلاحظ ازدياد قيم التدفقات بشكل واضح حيث أن قيم التدفقات الفرعية المضافة هي قيم كبيرة يكون $Q\max = 52.149m^3/s$ و زاد التأخر حيث بلغت هذه القيمة بعد مـرور أربع ساعات و51 دقيقة.



الشكل (7-7) منحني التدفق مع الزمن عند المقطع 52

يبين الشكل (7-8) قيم الأعماق في المقاطع المختلفة والأزمنة المختلفة :

عندما t=0 قبل حدوث العاصفة يكون العمق مساوياً للعمق النظامي.

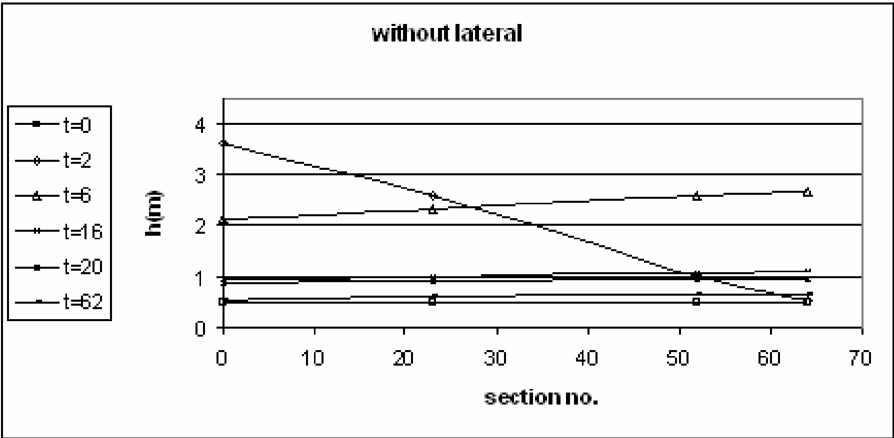
عندما t=2hr يبلغ العمق أعلى قيمة له و نلاحظ انخفاض هذه القيمة في نهاية القناة عنهـا في بدايتها.

عندما t=10hr تنحسر المياه و تكون قيمة الأعماق في نهاية القناة أعلى منها في بدايتها.

عندما t=20hr تستمر المياه بالانخفاض أيضاً، وتبقى قيمتها في نهاية القناة أعلى منها في بدايتها.

عندما t=62hr بعد مرور 62 ساعة، أي عند نهاية المخطط المائي، تعود المياه إلى قيمـة قريبة جداً من قيمة العمق النظامي، ولكنها أعلى قليلاً منه و تكون كذلك في نهاية القنـاة أعلى منها في بدايتها.

وبذلك نجد أنه أولاً تكون المياه قبل حدوث العاصفة عند العمق النظامي ثم تأخذ بالازدياد وهنا تكون قيمها في بداية المجرى أعلى منها في نهايتها ثم تأخذ بالانحسار لتصبح قيمتها في نهاية المجرى أعلى منها في البداية حتى تعود إلى قيمة قريبة من قيمة العمق النظامي و لكنها تبقى أعلى منه قليلاً.



الشكل (7-8) قيم الأعماق في المقاطع المختلفة دون وجود روافد

يبين الشكل (7-9) قيم الأعماق في المقاطع المختلفة وفي الأزمنة المختلفة :

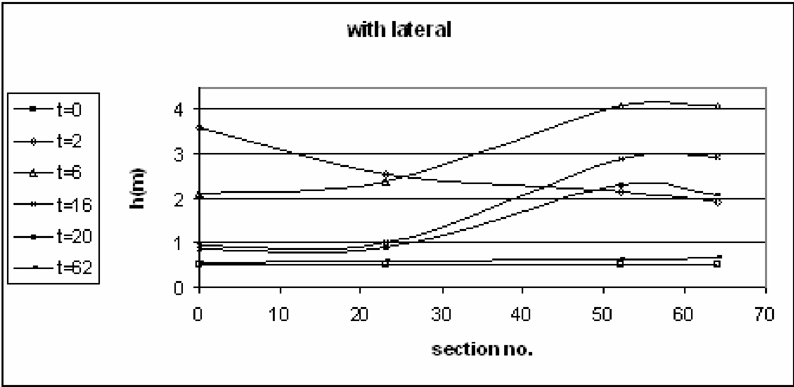
عندما t=0 قبل حدوث العاصفة يكون العمق مساوياً للعمق النظامي

عندما t=2hr يبلغ العمق أعلى قيمة له ونلاحظ انخفاض هذه القيمة في نهاية المجرى عنها في بدايتها و تكون أعلى قليلاً من قيمها دون وجود رافد.

عندما t=10hr تنحسر المياه وازديادها عندما يلاقي المصرف 14D المصرف MD إلى قيمة أعلى من قيمتها الأعظمية في بداية المجرى ثم تعود لتنخفض عند نهاية المجرى.

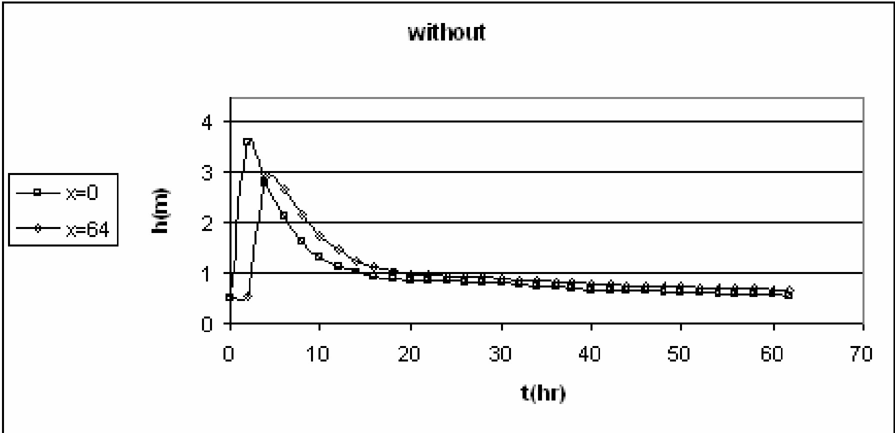
عندما t=20hr أيضاً تستمر المياه بالانخفاض و ترتفع عند المقطع 52 ثم تعود للانخفاض عند نهاية المجرى.

عندما t=62hr بعد مرور 62 ساعة، أي عند نهاية المخطط المائي، تعود المياه إلى قيمة قريبة جداً من قيمة العمق النظامي ولكنها تبقى أعلى قليلاً.



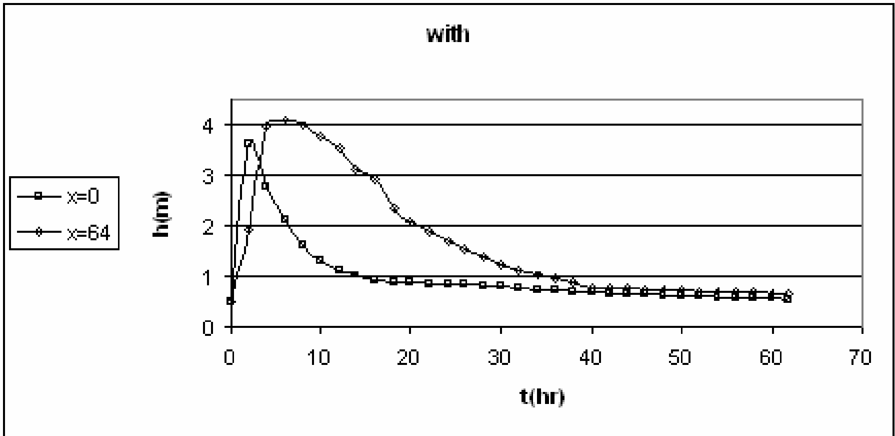
الشكل (7-9) قيم الأعماق في المقاطع المختلفة مع وجود روافد

يبين الشكل (7-10) منحني العمق مع الزمن حيث تكون قيمة العمق الأعظمي عند بدايـة المجرى $h = 3.893m$ بعد مرور ساعتين و12 دقيقة وعند نهايته ودون وجود رافد عندما x=64 تكون $h = 2.914m$ بعد مرور أربع ساعات و18 دقيقة، نلاحظ انخفاض قيمة الذروة وانزياح الموجة و تكون قيم الأعماق في نهاية المخطط المائي في نهاية المجـرى أعلـى منها قليلاً في بدايته.



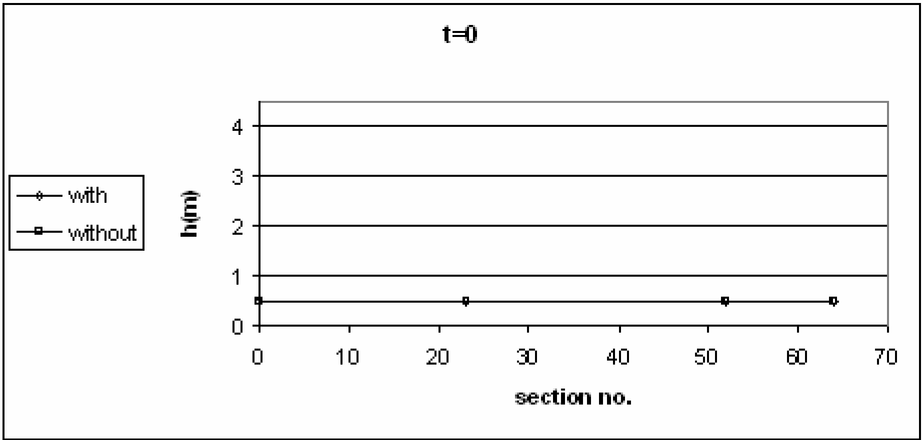
الشكل (7-10) هيدروغراف العمق دون وجود وافد

يبين الشكل (7-11) منحني العمق مع الزمن مع إضافة الروافد ونلاحظ ازدياد قيم الأعماق في نهاية المجرى وعند نهاية المجرى تصبح $h = 4.099m$ بعد مرور خمس ساعات و4 دقيقة.



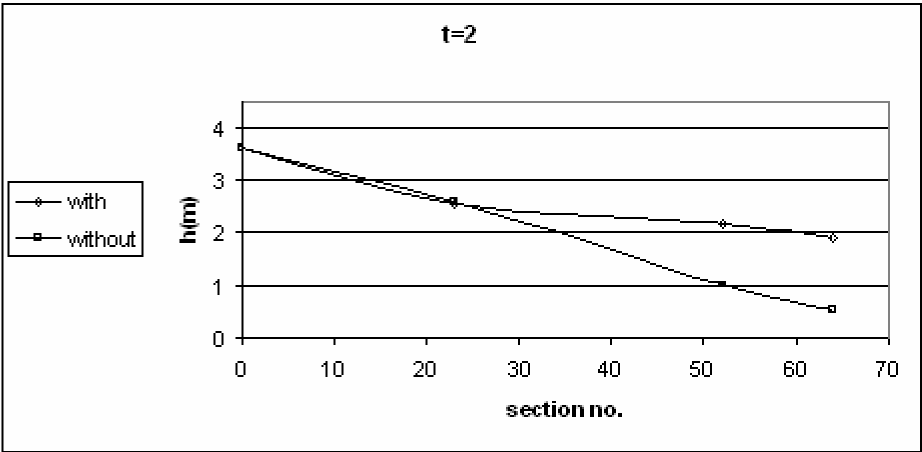
الشكل ((7-11) هيدروغراف العمق مع وجود وافد

يبين الشكل (7-12) قيم الأعماق من بداية القناة إلى نهايتها في الزمن t=0hr و هي تمثـل العمق النظامي الذي يكون نفسه قبل بدء حدوث العاصفة مع الرافد وبدونه.



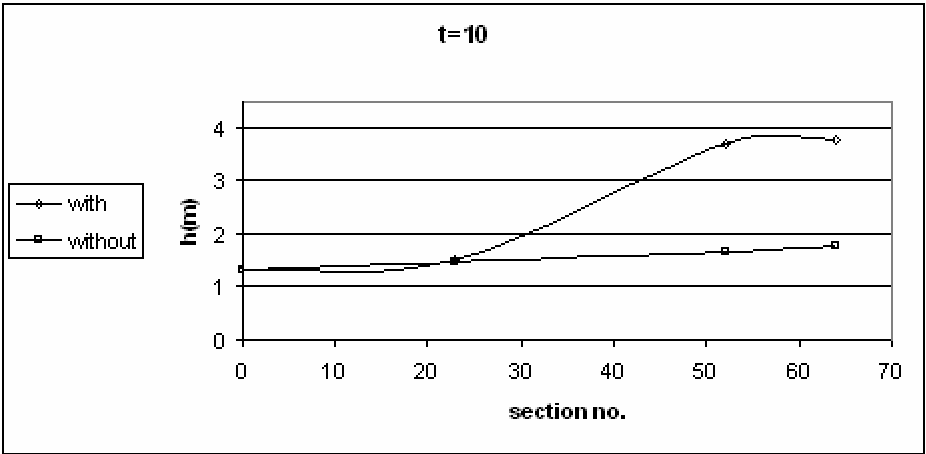
الشكل (7-12) قيم الأعماق في الزمن t=0hr

يبين الشكل (7-13) قيم الأعماق من بداية القناة إلى نهايتها في الزمن t=2hr ونلاحظ أنها مع الرافد تكون أعلى قليلاً منها بدونه حيث تكون قيم التدفقات المضافة صغيرة في هـذا الزمن.

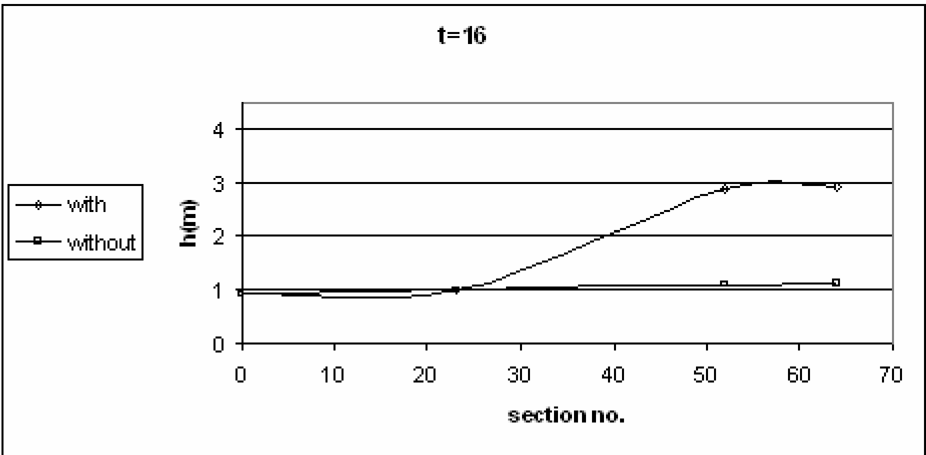


الشكل (7-13) قيم الأعماق في الزمن t=2hr

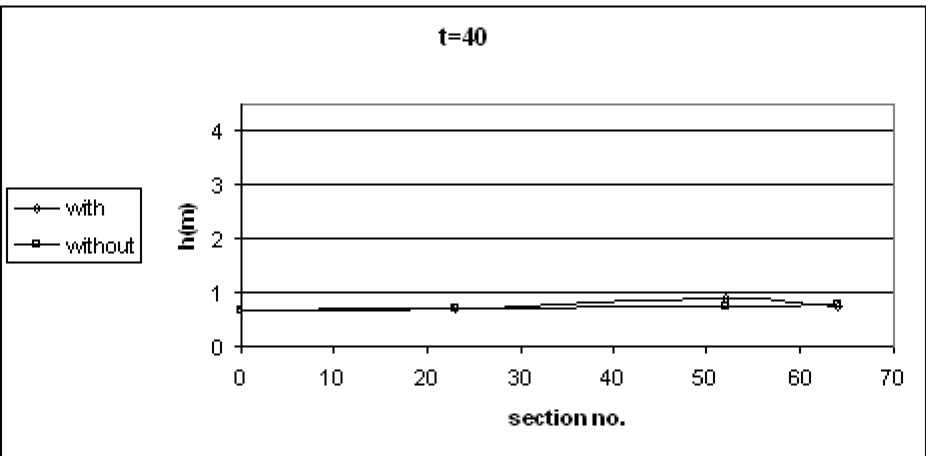
يبين الشكل (7-14) قيم الأعماق من بداية القناة إلى نهايتها في الزمن t=10hr يصبح تأثير الرافد 14D واضحاً.



الشكل (7-14) قيم الأعماق في الزمن t=10hr

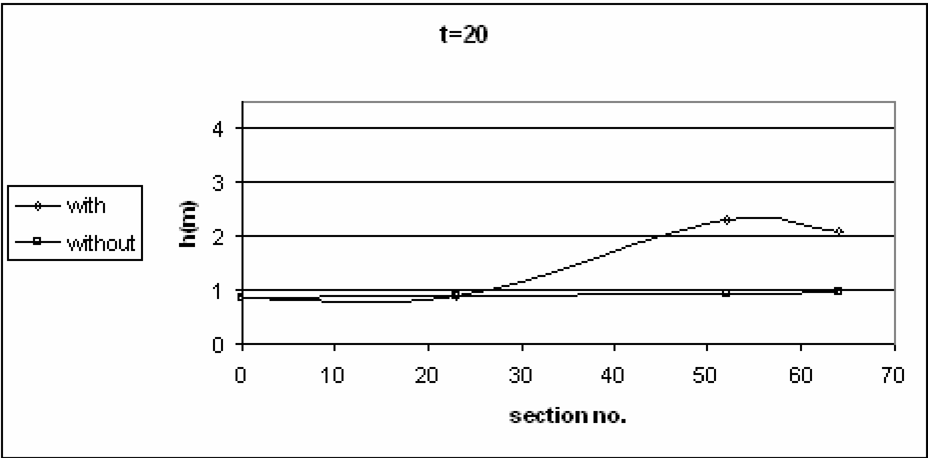


الشكل (7-15) قيم الأعماق في الزمن t=16hr



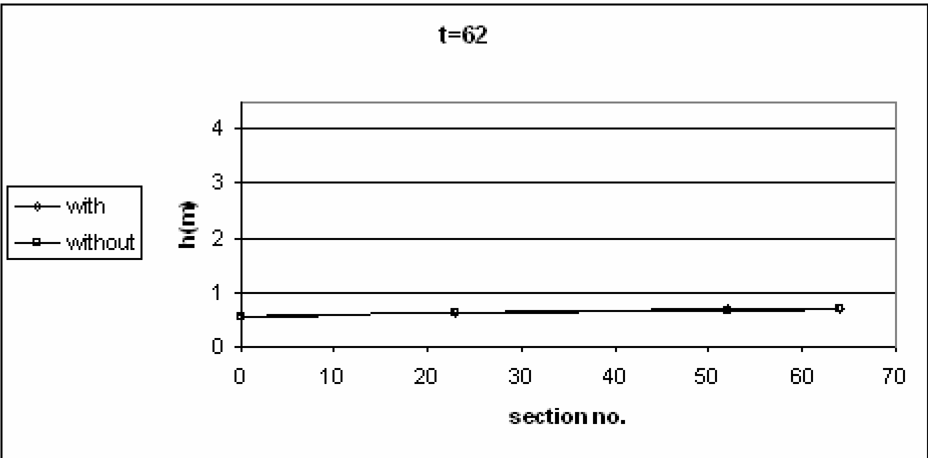
الشكل (7-16) قيم الأعماق في الزمن t=40hr

يبين الشكل (7-17) قيم الأعماق من بداية القناة إلى نهايتها في الزمن t=20hr أيضاً يكون تأثير الرافد 14D واضحاً.



الشكل (7-17) قيم الأعماق في الزمن t=20hr

يبين الشكل (7-18) قيم الأعماق من بداية القناة إلى نهايتها في الزمن t=62hr تعود إلـى قيمة قريبة من قيمة العمق النظامي وتكون في نهاية القناة، مع وجود الرافد، أعلى قلـيلاً منها بدون رافد.



الشكل (7-18) قيم الأعماق في الزمن t=62hr

- الطريقة الكلاسيكية:

الجدول (7-5) قيم التدفقات للمجرى الرئيسي MD في بداية القناة وعند نقطة التقائه مع الروافد:

t(hr)	0	23	52
0	0.81	0.81	0.81
2	30.24	20.769	3.716
4	21	27.283	25.579
6	11.87	14.831	18.385
8	6.81	8.887	11.631
10	4.68	5.688	7.284
12	3.52	4.071	5.153
14	2.88	3.322	3.996
16	2.43	2.668	3.267
18	2.23	2.383	2.622
20	2.1	2.25	2.454
22	2.05	2.199	2.4
24	1.99	2.136	2.338
26	1.93	2.074	2.274
28	1.88	2.023	2.22
30	1.81	1.95	2.144
32	1.71	1.846	2.035
34	1.61	1.746	1.929
36	1.54	1.673	1.852
38	1.44	1.573	1.752
40	1.34	1.47	1.646
42	1.31	1.433	1.603
44	1.27	1.393	1.563
46	1.23	1.353	1.52
48	1.195	1.317	1.482
50	1.16	1.282	1.446
52	1.12	1.242	1.406
54	1.08	1.199	1.364
56	1.05	1.169	1.332
58	1.02	1.137	1.3
60	0.997	1.113	1.274

يتم تجميع هيدروغراف المجرى الرئيسي MD عند المقطع 23 مع قيم التدفقات الفرعية للرافد 16D وعند المقطع 53 مع المجرى الفرعي 14D وبذلك نحصل على النتائج التالية

الجدول (7-6) تجميع هيدروغراف المجرى الرئيسي MD مع التدفقات الفرعية

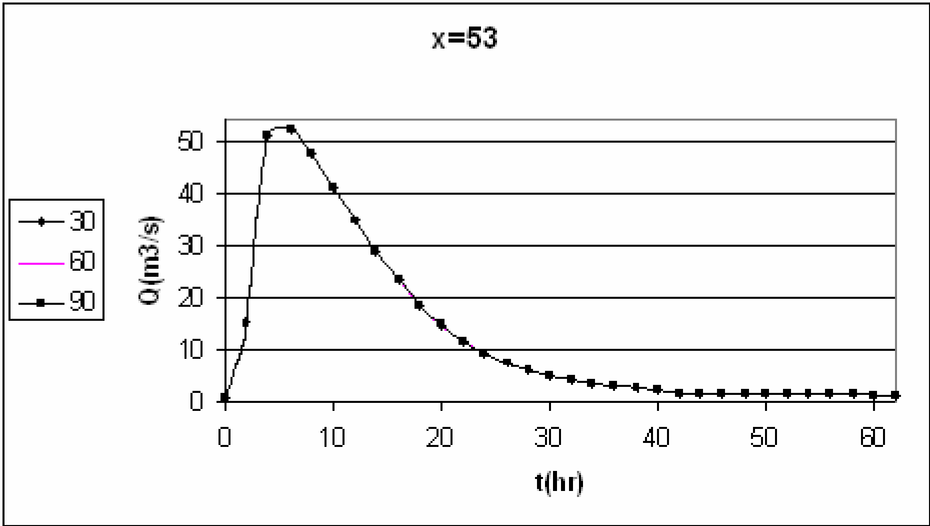
52	23	T
0.96	0.91	0
17.146	20.878	2
53.019	27.473	4
52.995	15.176	6
47.901	9.232	8
40.674	6.033	10
34.383	4.411	12
28.366	3.322	14
22.767	2.668	16
17.852	2.383	18
14.074	2.25	20
11.07	2.199	22
8.678	2.136	24
6.884	2.074	26
5.67	2.023	28
4.614	1.95	30
3.805	1.846	32
2.989	1.746	34
2.762	1.673	36
2.512	1.573	38
2.106	1.47	40
1.603	1.433	42
1.563	1.393	44
1.52	1.353	46
1.482	1.317	48
1.446	1.282	50
1.406	1.242	52
1.364	1.199	54
1.332	1.169	56
1.3	1.137	58
1.274	1.113	60

نلاحظ أن التدفقات في طريقة الشركة الروسية المتبعة في المشروع أكبر من قيم التدفقات المحسوبة في طريقة البحث. ثم يتم أخذ التدفق الأعظمي وإيجاد قيمة العمق المقابلة وفـق

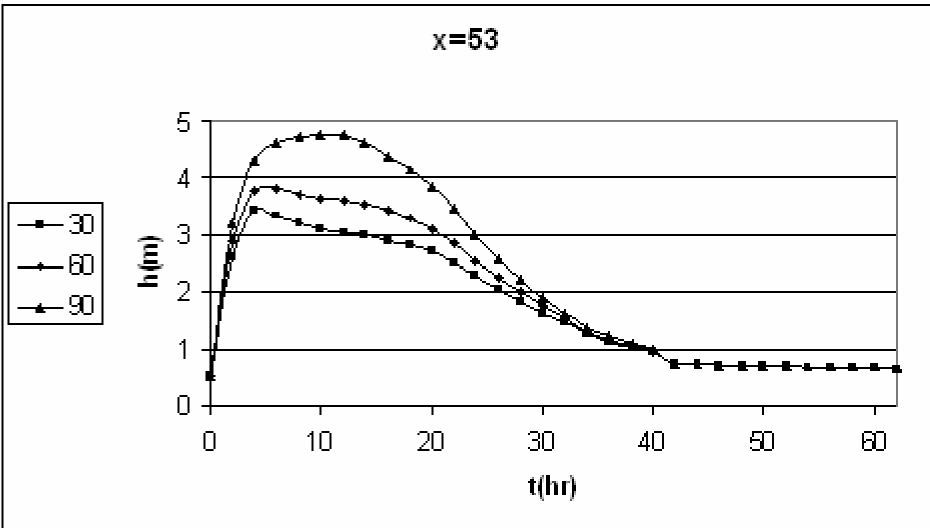
طريقة ماننغ وبذلك نجد أن العمق المقابل يكون 4.12m وهي أعلى من القيمة المحسـوبة في البحث.

٧-٢-تأثير زاوية الالتقاء بين المجرى الفرعي والمجرى الرئيسي:

لنأخذ المجرى الرئيسي MD والرافد 14D ولنغير قيمة زاوية الالتقاء بينهما لنجعلها تـارة 60 درجة وتارة 30 درجة ونتركها مرة كما هي 90 درجة مع تثبيت العاملين الباقيين.



الشكل (7-19) تأثير تغير زاوية الالتقاء في التدفق

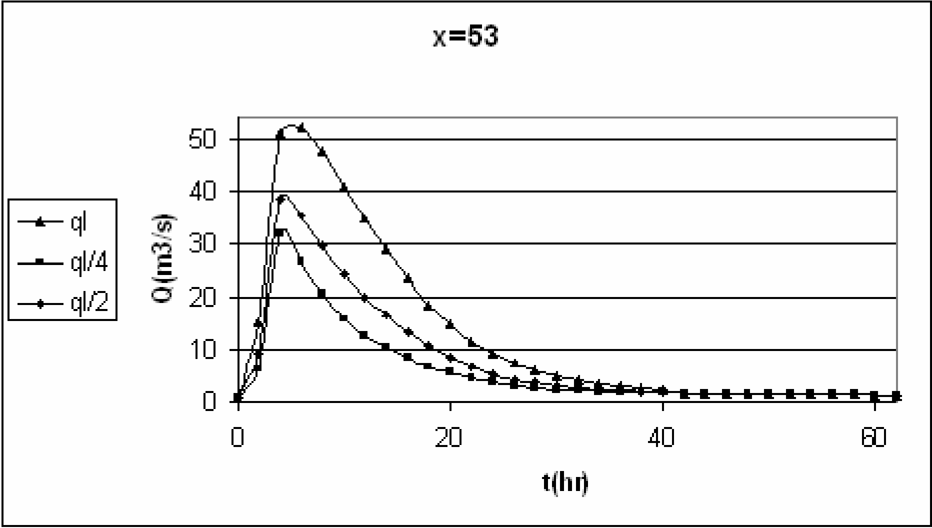


الشكل (7-20) تأثير تغير زاوية الالتقاء في العمق

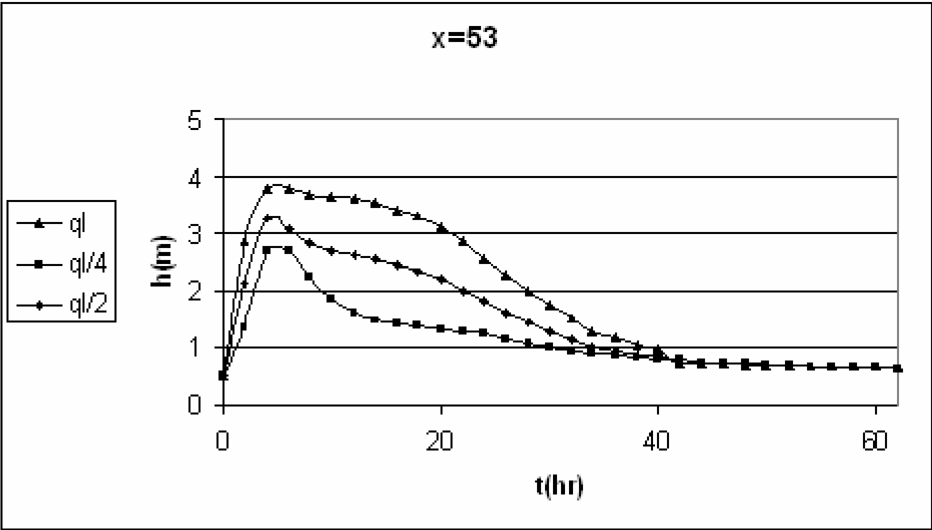
٣-٧-تأثير نسبة التدفق الفرعي إلى التدفق الرئيسي:

لنأخذ المجرى الرئيسي MD والرافد 14D ولنغير قيمة التدفق الفرعي إلى التدفق الرئيسي مع تثبيت العاملين الباقيين (زاوية الالتقاء 60 درجةوذروة الرافد تصل إلى نقطة الالتقاء بعد وصول ذروة الرئيسي إليها) كمايلي :

- نأخذ Q_{MD} مع Q_{14D}
- نأخذ Q_{MD} مع نصف تدفقات المجرى الفرعي $Q_{14D}/2$
- نأخذ Q_{MD} مع ربع تدفقات المجرى الفرعي $Q_{14D}/4$

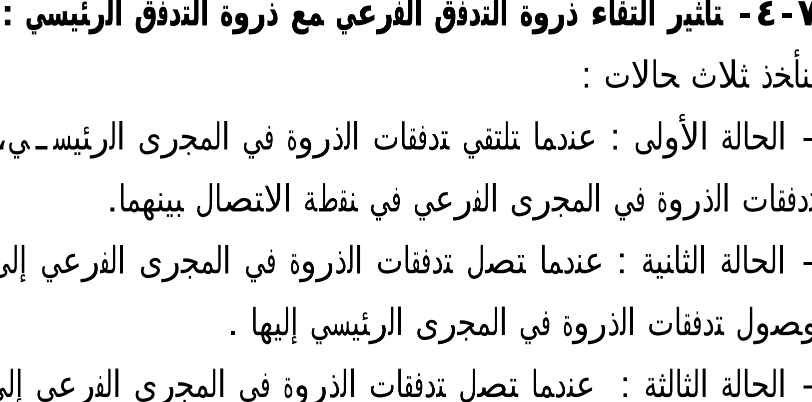


الشكل (7-21) تأثير تغير نسبة التدفق الفرعي في قيم التدفقات في المجرى الرئيسي



الشكل (7-22) تأثير تغير نسبة التدفق الفرعي في قيم الأعماق في المجرى الرئيسي

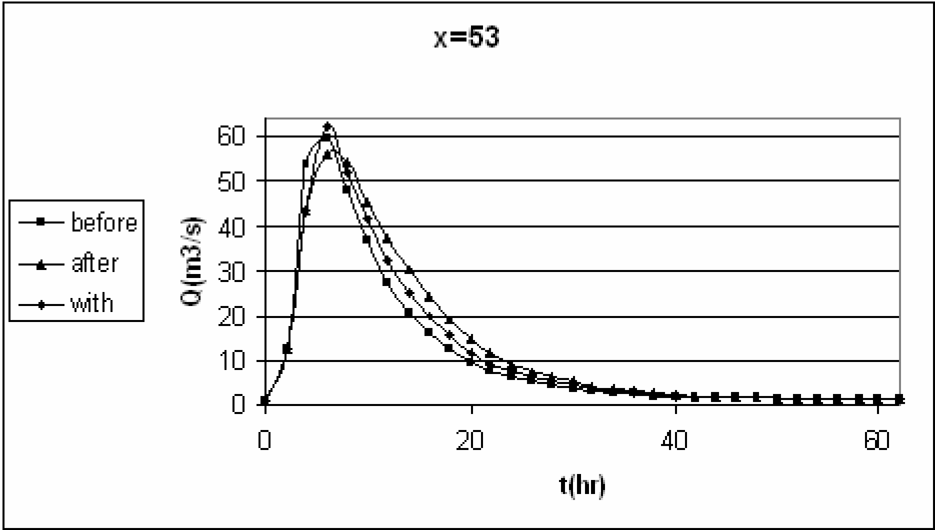
تزداد قيم التدفقات والأعماق مع زيادة نسبة التدفق الفرعي إلى الرئيسي.



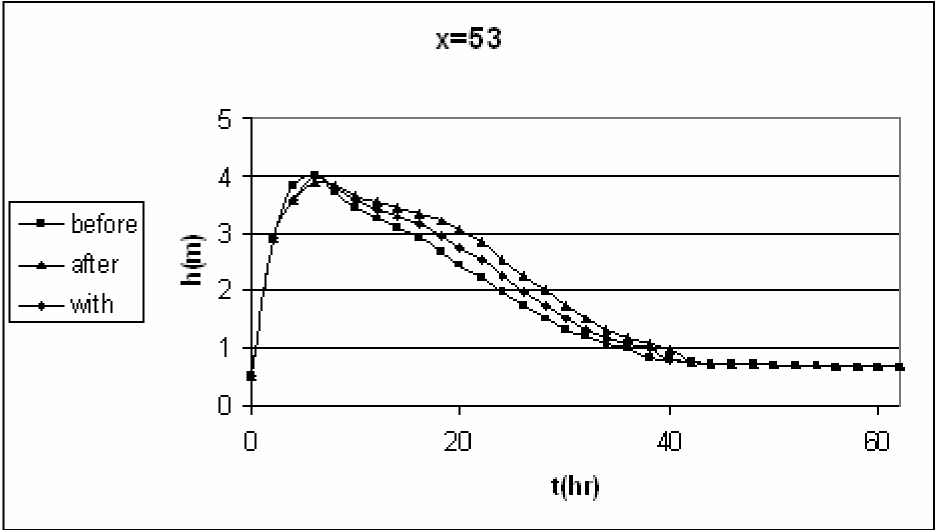
٧-٤- تأثير التقاء ذروة التدفق الفرعي مع ذروة التدفق الرئيسي :

لنأخذ ثلاث حالات :

- الحالة الأولى : عندما تلتقي تدفقات الذروة في المجرى الرئيسـي، باللحظـة نفسـها، تدفقات الذروة في المجرى الفرعي في نقطة الاتصال بينهما.
- الحالة الثانية : عندما تصل تدفقات الذروة في المجرى الفرعي إلى نقطة الاتصال قبل وصول تدفقات الذروة في المجرى الرئيسي إليها .
- الحالة الثالثة : عندما تصل تدفقات الذروة في المجرى الفرعي إلى نقطة الاتصال بعد وصول تدفقات الذروة في المجرى الرئيسي إليها.



الشكل (7-23) تأثير التقاء ذروة الفرعي مع ذروة الرئيسي على تدفقات المجرى الرئيسي



الشكل (7-24) تأثير التقاء ذروة الفرعي مع ذروة الرئيسي على أعماق المجرى الرئيسي

تظهر الأشكال البيانية أن ارتفاعات منسوب الماء تصبح أعلى ما يمكن عندما تلتقي ذروة التدفق الفرعي مع ذروة التدفق الرئيسي (الحالة الأولى)، وتكون أقل من ذلك حين تصـل ذروة التدفق الفرعي إلى نقطة الالتقاء قبل وصول ذروة التدفق الرئيسي (الحالة الثانيـة)، ثم تكون أقل حين تصل ذروة التدفق الفرعي إلى نقطة الالتقاء بعد وصول ذروة التـدفق الرئيسي (الحالة الثالثة).

الفصل الثامن

المناقشة والخاتمة

- الشكل المطور لمعادلة الحركة، المستخدم، مكننا من استخدام معادلة الحركـة الكاملـة دون إهمال لأي من حدودها مع تبسيطها وتسهيل حسابها.

- إن طريقة الفروقات المحدودة هي طريقة سهلة التطبيق والبرمجة وقد أعطـت نتـائج منطقية ومتقاربة، كما أنها تمكننا من حساب التدفقات والأعماق عند كل نقطة على امتداد طول المجرى.

- إن إضافة الروافد يؤثر بشكل واضح على شروط الجريان فـي المجـرى الرئيسـي. فنلاحظ أن القيم (التدفقات والأعماق) تزداد عند المقاطع التي يلتقي فيها المجرى الرئيسي مع المجاري الفرعية المتعلقة به وما يليها ويتناقص هذا التأثير كلما ابتعدنا عـن نقطـة الالتقاء.

- يزيد التدفق الفرعي بشكل واضح مناسيب الماء في المجرى الرئيسي يرفع التدفق الفرعي مناسيب الماء أسفل الوصلة وفي جميع نقاط المجرى التاليـة، وتتنـاقص قيمة التأثير كلما ابتعدنا عن نقطة الالتقاء.
- تؤثر زاوية الالتقاء على مناسيب الماء عند نقطة التلاقي، فعندما تـزداد زاويـة التلاقي تزداد مناسيب الماء عند نقطة الالتقاء.
- إن نسبة التدفق الفرعي إلى التدفق الرئيسي هي عامل هام فـي تحديـد ارتفـاع منسوب الماء عند الالتقاء يزداد عمق الماء في المجرى الرئيسي مع زيادة نسـبة الالتقاء.
- إذا التقت ذروتا التدفق الفرعي والرئيسي عند نقطة الالتقاء، أو إذا وصـلت ذروة التدفق الفرعي إلى نقطة الالتقاء قبل وصول ذروة التدفق الرئيسي فيكون عمـق الماء أعلى بشكل واضح مما لو وصلت ذروة التدفق الفرعي إلى نقطة الالتقـاء بعد وصول ذروة التدفق الرئيسي.

الفصل التاسع

التوصيات والملاحظات

- يجب دراسة تخامد الموجة الفيضانية على طول المجرى وأخذ تخامد الموجة بالاعتبار عند التصميم، سواء للمجرى أو للمنشآت المقامة عليه، أي جعل المقطع متغيراً وفقاً للانخفاض الحاصل.
- عند وجود روافد لا بد من أخذ هذه الروافد عند الدراسة وإدخال تأثير كمية الحركة القادمة من التدفقات الفرعية ومن ثم اتخاذ الإجراءات اللازمة وجودها على المجرى الرئيسي إما بتغيير المقطع أو بوضع منشآت لتخميد الموجة.
- يجب إدخال قيمة انخفاض العمق (تخامد الموجة) في تصميم أي مجرى مكشوف. والهدف من ذلك هو التقليل من قيمة التكاليف (حجم الحفر أو الردم، إكساء، مواد عزل، تسليح ......)

المراجع

1- CHAGAS,P;SOUZA,R.,2005-**Development of a Numeric Model , with Explicit Solution , to study Flood wave propagation**. *Hydrology Days*, **37(2)**,211-216

2-Dyck u.a.,"Angewadte Hydrologic-Berechnung und Reglung des Durchflusses der Flusse",Teill-VEB.verlag fur Bauwesen-Berlin,1980.

3- FAN P.;Li J.C.,2006-**Diffusive wave solution for open channel flows with uniform and concentrated lateral inflow**. *Advances in water Resources*,**29(15)**,1000-1019.

4- FAN P.;LIU J.;LI Q**.,INFLUENCES Of LATERAL INFLOW ON THE FLOOD IN THE MAINSTREAM**. *Institute of mechanics, Chinese academy of science,* Beijing, China.

5- H.Patt,Hochwasser,2001-**Hand buch Auswivkungen und schutz**. Springer Verlag,1 st ed,US,359pages.

6- KESKIN M.;AGIRALIOGLU N.,1997-**A simplified dynamic model for flood routing in rectangular channels**. *Journal of Hydrology*,**202(2)**,302-314.

7- Larry W.Mays,2001-**Water Resources Engineering**. John Wiley,1 st ed,US,761pages.

8- OSMAN AKAN,2006-**Open Channel Hydraulics**. Butterworth-Heinemann,1 st ed,Canada,359pages.

9-PP Mujumdar,200-**Flood Wave Propagation**. *resonanc*,66-73.

10- STURM T.,2001-**Open Channel Hydraulics**. Mc Graw-Hill,1 st ed,USA,493pages.

11- TEWOLDE M.;SMITHERS J.,2006-**Flood routing in ungaged catchments using Muskingum methods**. *Water SA*,**32(3)**,379-387.

12- TUCCIARELL T.,2003-**A new algorithm for a robust solution of the fully dynamic Saint-Venant equations**. *Journal of Hydraulic Research* ,**41(3)**,239-246.

13- WILLIAM D.BROWN Colonel, U.S. Army Corps of Engineers. 1993. Engineering and design River Hydraulic. Engineer Manual No. 1110-2-1416. Washington, DC:20314-1000.

١٤ - الرفاعي، نور الدين – تصميم الأقنية المكشوفة و المنشآت المائية في مشاريع الري – جامعة دمشق – دمشق- ١٩٨٢ .

١٥- المؤسسة العامة لاستصلاح الأراضي – فرع حوض الفرات الأعلى – معطيات هيدرولوجية ومخططات تصميمية.

Abstract

A design of hydraulic structure (siphon, culvert,……..etc)on a watercourse needs, usually, two values measurements; discharge and depth in that place of design. but in that positions needed for design these measurements are not available, mostly ,especially in watercourse for receiving water floods.

Regarding to that flood wave which is created in watercourse terminates gradually due to the reduction in the values of maximum flow and depth until it terminates totally in certain distance. thus there is necessity, for studying flood wave movements ,arises along with watercourses, especially in the position of meeting with lateral inflow.

The purpose of this study is to determine the specifications of flow in a certain sections along with watercourse, that is to take the required procedures and measurements, and reduce costs on other hand .

Flood wave movement obeys, as known, to the conditions of unsteady flow. Therefore, the research based on the use of finite difference method.

The research on flood wave movement in main stream with lateral inflow(tributary), the range of changes in discharges and depths which starting from the point of meeting with lateral inflow and what follows this point ,that are based on known hydrograph inflow in the start point of each one.

This study was applied to open channel networks(in irrigation system ML-2)in the southern Aleppo lands in the north of Syria.

Confirmation

We confirm that the research entitled:

" Effects of flood influx on channel networks"

witness that the described work in this treatise is the result of scientific search conduct by the candidate Eng.. Lama Baidak , under the supervition of Dr. Mohammad Amin Shaghala (University of Aleppo) and Dr. Nada Al Tunji (University of Aleppo), to obtain Master's degree in Hydraulic Engineering department in faculty of Civil Engineering . Every reference taken from another researches about my Master's title is mentioned and reported in my research

Candidate	supervisor	supervisor
Eng: Lama Baidak	Dr Mohammad Amin Shaghala	Dr.Nada Al Tunji

Declaration

I hereby certify that this work:

" Effects of flood influx on channel networks"

has not been accepted for any degree, or is not submitted to any other degree.

Candidate	supervisor	supervisor
Eng: Lama Baidak	Dr Mohammad Amin Shaghala	Dr.Nada Al Tunji

University of Aleppo
Faculty Of Civil Engineering
Department Of Hydraulic Engineering



Effects of Flood Influx on Channel Networks

Research Prepared for Master Degree in Hydraulic Engineering

Prepared by
Eng: Lama Baydak

Supervisor Doctor
Mohammad Amin Shaghala
Chairman in Department of Hydraulic Engineering
Faculty Of Civil Engineering - Aleppo University

Contributor Doctor
Nada Al Tunji
Tutor in Department of Hydraulic Engineering
Faculty Of Civil Engineering - Aleppo University

2009

Aleppo University
Faculty Of Civil Engineering
Hydraulic Engineering Department



Effects of Flood Influx on Channel Networks

Research Prepared for Master Degree in Hydraulic Engineering

Prepared by
Eng: Lama Baidak

2009